БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА, № 78, 2020

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

№ 78

ГЕОС

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КОМИССИЯ ОНЗ РАН ПО ИЗУЧЕНИЮ
ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
COMMISSION FOR STUDY
OF THE QUATERNARY
GEOLOGICAL INSTITUTE RAS

ГЕОС

BULLETIN
OF THE COMMISSION
FOR STUDY
OF THE
QUATERNARY

№ 78

Bulletin was founded in 1929

Editorial Board:
doctor of geological and mineralogical sciences
YU.A. LAVRUSHIN (editor-in-chief) candidate
of geological and mineralogical sciences
A.N. SIMAKOVA

MOSCOW
GEOS
2020

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

№ 78

Бюллетень основан в 1929 г.

Ответственные редакторы:
доктор геолого-минералогических наук
Ю.А. ЛАВРУШИН (главный редактор)
кандидат геолого-минералогических наук
А.Н. СИМАКОВА

МОСКВА
ГЕОС
2020

УДК 551.7/8
ББК 26.323
Б 98

Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода № 78. – М.: ГЕОС, 2020. – 136 с.
ISSN 0366-0909

В данном номере Бюллетеня содержатся новые материалы по глобальным проблемам изучения четвертичного периода и отдельным региональным вопросам. Новые идеи, изложенные в ряде работ могут представлять интерес для дальнейшего развития фундаментальных проблем квартера в XXI веке.

Для геологов, палеонтологов, палеогеографов, археологов и других специалистов, изучающих проблемы четвертичного периода.

Редакционная коллегия:
Ю.А. Лаврушин (главный редактор), А.В. Панин, А.С Застрожнов
Н.Г. Судакова, В.С.Зыкин, А.Н. Симакова, И.П. Второв

Рецензенты
доктор геол.-мин. наук Л.Н. Андреичева, доктор геогр. наук А.В.Панин
доктор геол.-мин. наук Ю.А. Лаврушин

Bulletin of the Commission for study of the Quaternary. № 78. – M.: GEOS, 2020. – 136 p.
ISSN 0366-0909

The suggested issue of the Bulletin includes new data in global Quaternary problems and some regional evidence. The presented new ideas may be of interest for subsequent development of fundamental problems of Quaternary in the XXI st century.

The issue is addressed to geologists, paleontologists, archaeologists and other specialists interested in of Quaternary.

Editorial board:
Yu.A. Lavrushin (Editor-in-chief), A.V. Panin, A.S. ZastrozhnovN.G. Sudakova,
V.S.Zikin, A.N. Simakova, I.P. Vtorov

Reviewers:
Doctor of Geology and Mineralogy L.N. Andreicheva, Doctor of Geography A.V. Panin
Doctor of Geology and Mineralogy Yu.A. Lavrushin

© Российская Академия наук, 2020
© ГЕОС, 2020

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА
№ 78, 2020 г.

ОТЛОЖЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА В СТРОЕНИИ И ФОРМИРОВАНИИ ПОКРОВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Ю.А. Лаврушин, Т.А. Садчикова, Н.П. Кураленко, В.В. Петрова, В.Н. Кулешов, А.Н. Симакова, В.Ю. Лаврушин, М.П. Антипов

Геологический институт РАН, Москва e-mail:lavrushin09@mail.ru

В исследованном районе было обнаружено региональное распространение проявлений разного типа и возраста грязевулканических образований, возникновение которых было вызвано активными проявлениями соляной тектоникой. Важнейшим элементом строения покрова четвертичных отложений явился гравитационный покров, кинемато-динамическая активность которого проявляется в настоящее время. В статье представлена разработанная структура покрова и показана связь с ними проявлений некоторых типов грязевого вулканизма. Разработано соляно-тектоническое обоснование возникновения новой долины Волги в Низовом Поволжье. В основу созданной классификации отложений комплекса грязевулканических образований, помимо сопочных и сальзовых излияний, значительное внимание уделено трещинным излияниям, специфическим грядовым вулканам протрузионного типа, а также проявлениям извержений газово-грязе-водной смеси взрывного типа, с которыми связано возникновение воронок взрывов. Выделены основные типы состава пульпы, а также, важно, установлены современные проявления трещинных излияний пульпы. Плейстоценовые трещинные излияния пульпы алевритового состава, привлекали животных разных фаунистических комплексов в качестве необходимой для них пищевой минеральной добавки к основному питанию. Но в некоторых случаях излияния пульпы сопровождалась активной дегазацией сероводорода. Это способствовало возникновению локальной неблагоприятной экологической обстановки, что вызывало отравление и гибель отдельных особей. Создана принципиально новая схема строения известного разреза, состоящего из трех частей (Чёрный Яр, Тихое Займище, Соленое Займище), учитывающая новые представления о генезисе отложений. Уникальность данного разреза состоит в том, что в его отложениях содержатся костные остатки животных пяти фаунистических комплексов млекопитающих и двух толщ морских отложений. Других подобных разрезов на нашей планете пока не известно.

Ключевые слова: грязевые вулканы, пульпа, высокобарическая флюидодинамика, подземные плывуны, седиментогенез, средний неоплейстоцен, голоцен.

DOI 10.34756/GEOS.2021.16.37847

1. Введение

Продолжительность исследований покрова четвертичных отложений западной части Северного Прикаспия составляет уже более 160 лет. В ходе этих исследований был получен целый ряд фундаментальных результатов, особенно в области изучения каспийских морских отложений, геологической истории фауны моллюсков и гидрологической истории Каспия. Среди них важнейшим результатом явилось выделение хазарского комплекса фауны крупных млекопитающих, который служит одной из корреляционных основ для сопоставления каспийских региональных событий квартера с глобальными изменениями природной среды.

Внимание многих исследователей было привлечено к изучению генезиса уникальных форм рельефа, называемых обычно бэровскими буграми. Созданный архив четвертичных изменений уровня Каспия был пополнен несколькими гипотезами о причинах их возникновения. Перечисленное позволяет констатировать, что более чем 160-летняя история изучения четвертичного периода Каспийского региона явилась крупным

вкладом в создание отечественной школы исследования четвертичного периода.

Тем не менее остается ряд малоизученных проблем, которые до сих пор не получили должного освещения. По нашему мнению, к ним относится недостаточная изученность континентальных отложений. Совершенно не изучена причина изменчивости состава отложений разновозрастных морских образований Каспия, особенно ярко выраженной в Северном Прикаспии. К этой же группе перспективных направлений исследований относится изучение на современной основе высокоразрешающей геологической истории колебаний уровня Каспия. Необходимо также отметить недоучет исследователями четвертичного периода специфики геологического строения данного региона. Одной из важнейших особенностей геологического строения территории является активное проявление соляной тектоники, способствующей совместно с другими факторами возникновению процессов высокобарической флюидодинамики в подземной гидросфере, фрагментарные отложения которой при выходе на дневную поверхность в виде проявлений грязевого вулканизма могут существенно усложнять строение толщи четвертичных отложений.

Непосредственно соляная тектоника оказывает влияние на формирование гравитационных четвертичных покровов, а также на преобразование первичного строения толщ четвертичных отложений, что и подтверждается материалами буровых работ. При этом не исключается возможная связь этапов наиболее интенсивных проявлений соляной тектоники с событиями Кавказского сектора альпийского тектогенеза.

Для настоящей работы особый интерес представляют имеющиеся материалы по воздействию соляной тектоники и ряда других факторов на возникновение в пределах Северного Прикаспия на относительно небольшой глубине высокобарической флюидодинамики, что изложено в публикациях [Холодов, 2002, 2004, 2006, 2018; Холодов, Недумов, 1991] (Kholodov, 2002, 2004, 2006, 2018; Kholodov, Nedumov, 1991) и многих других работах. Наличие сверхвысокого давления способствовало активизации элизионных процессов, одним из проявлений которых явилось возникновение газоводных растворов. Последние при контакте с толщами относительно рыхлых неконсолидированных пород кайнозоя способствовали развитию процессов их разжижения, образованию мощных глинисто-алевритовых и песчано-зерновых плывунов различной консистенции. При этом происходило внедрение в состав плывунов различных компонентов, содержащихся в газоводных флюидах. Важно отметить, что проводившиеся исследования были направлены на познание литолого-минералогических преобразований пород, возникших в ходе активного воздействия подземной гидросферы в районах проявления высокобарической флюидодинамики.

Наши исследования проводились на локальных участках правобережья Нижней Волги между Волгоградом и Астраханью, а также частично в пределах дельты Волги и массива Рын-песков (рис. 1).

Новизна полученных результатов состоит в установлении значительного участия в строении четвертичных отложений фрагментов подземных плывунов, излившихся на дневную поверхность в ходе грязевого вулканизма разного типа. Они не только усложнили строение покрова четвертичных отложений, но и, как было установлено, в некоторых случаях способствовали формированию оригинального геоморфологического ландшафта. Более того, излияния фрагментов подземных плывунов сопровождались процессами дегазации, что обуславливало возникновение кратковременных неблагоприятных экологических событий, приводивших к гибели отдельных особей крупных животных различных фаунистических комплексов.

В исследованном районе среди излияний на дневную поверхность фрагментов подземной гидросферы выделяется два типа. Первый тип – это излияния водной массы, которая служит постоянным источником питания для локальных рек и озерных водоемов. Второй тип, которому посвящена в основном настоящая работа, это излияния продуктов грязево-водно-газовой деятельности процессов высокобарической флюидодинамики, в виде плывунов глинисто-алевритового или песчано-зернового типа, а также пульпы промежуточного состава в виде пластов супесчано-суглинистого состава.

Источником этих излияний являлись грязевые вулканы сопочного типа, сальзы, грядовые вулканы пунктирного распространения и трещинные излияния разного типа. Возникновение трещин происходило в приповерхностной части «покрышки» земной коры, бронировавшей сверху образования высокобарической флюидодинамики. Одной из важнейших причин появления трещинных нарушений или даже ослабленных зон являлась активность соляной тектоники, которая проявилась в образовании штоковых соляных структур, широко распространенных в пределах всего Северного Прикаспия (рис. 2). В случае значительной линейной протяженности потоковых образований допускается возникновение зоны трещинообразования, по которой происходил прорыв на дневную поверхность различных плывунных образований песчано-зернового, алевритового, супесчано-суглинистого состава, как в виде покровно-пластовых и потоковых излия-

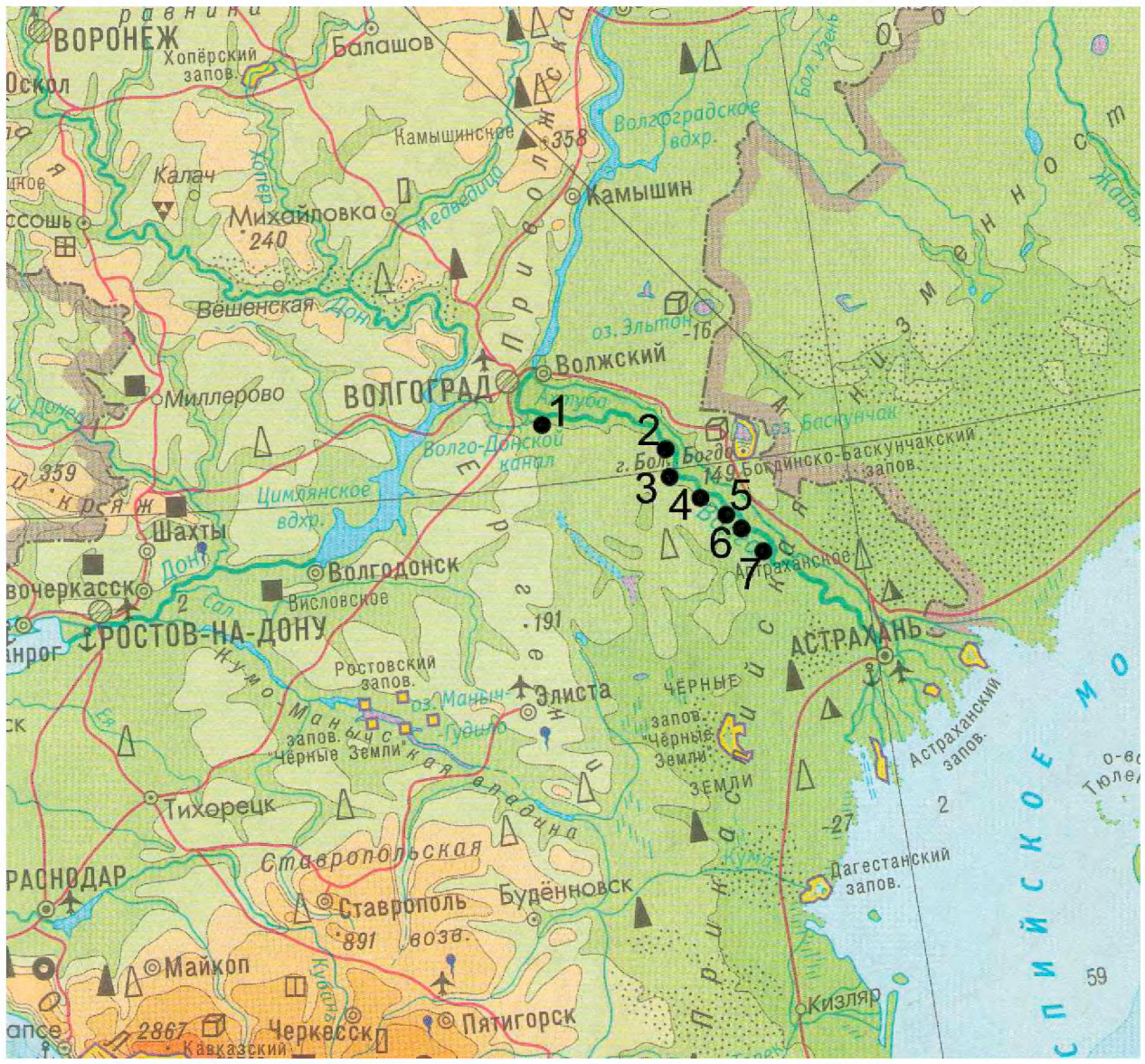


Рис 1. Район исследований.

Название и местоположение разрезов, упоминаемых в тексте: 1 – Райгород, 2 – Черный Яр, 3 – Нижнее Займище, 4 – Соленое Займище, 5 – Цаган-Аман, 6 – Копановка,7 – Енотаевка.

Fig 1. Study area.

Name and location of the sections: 1 – Raigorod, 2 – Cherny Yar, 3 – Nizhnee Zaymishche, 4 – Solyonoe Zaymishche, 5 – Tsagan-Aman, 6 – Kopanovka, 7 – Enotaevka.

ний, так и проявлений разных типов локальной грязево-вулканической деятельности. Нами не исключается, что образование протяженной зоны трещинообразования могло быть обусловлено не только соляной тектоникой, но и проявлениями сейсмических событий. В этом отношении нельзя не упомянуть о двух моментах, имеющих принципиальное значение. Первый из них связан с впервые выделенным комплексом генетических типов континентальных отложений, формирование которых на дневной поверхности было обусловлено различными типами грязево-вулканических излияний. Второй момент – это очень позднее возникновение Волжско-Ахтубинской депрессии и, соответственно, долины нового направления течения р. Волги. Эти выводы позволяют утверждать, что многие разрезы, вскрытые в бортах упомянутой депрессии, характеризуют строение четвертичного покрова собственно Прикаспийской синеклизы, отложения которой в данном случае не имеют никакого отношения к реконструкции доголоценовой геологической истории Волги.

Учитывая вышеизложенное, в настоящей статье в первую очередь рассматривается пространственная приуроченность грязево-вулканической деятельности в исследованном районе. А поскольку наиболее молодые проявления грязево-вулканической деятельности оказались приурочены к важнейшим структурным элементам выделенного ранее молодого гравитационного покрова [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), очень кратко представлена структура этого покрова. Устанавливается унаследованная связь новой долины Волги с ранее возникшей долиной грунтового гравитационного потока, разделившей покров на две лопасти.

Одной из базовых основ настоящей работы является сопоставление проявлений почти современных грязево-вулканических излияний, обнаруженных в исследованном районе, с более древними излияниями аналогичного типа четвертичного возраста. Полученные данные позволили в ряде случаев пересмотреть генезис отложений традиционно постулированный предыдущими исследователями. В настоящей работе приводится ограниченное количество материалов по морским отложениям. Это связано с тем, что они частично рассматривались ранее [Лаврушин и др., 2015,

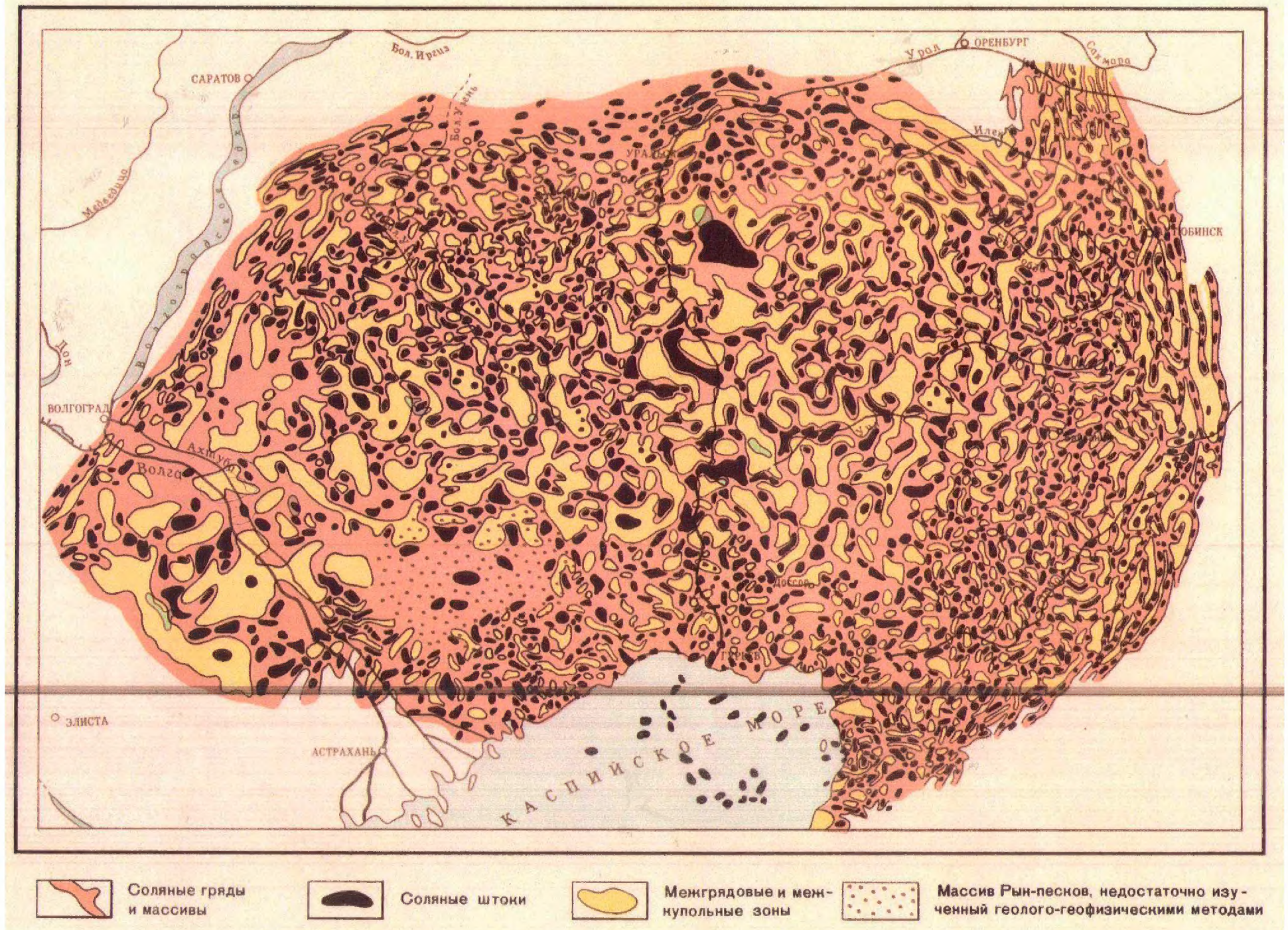


Рис. 2. Схема строения кунгурских соленосных отложений, масштаб 1:5 000 000.
Условные знаки: 1 – соляные гряды и массивы; 2 – соляные штоки; 3 – межгрядовые и межкупольные зоны; 4 – массив рын-песков.

Fig. 2. Kungur salt-bearing deposits schematic structure in scale 1: 5,000,000.
Symbols: 1 – salt ridges and mass; 2 – salt subjacent intrusives (stocks); 3 – interridge and interdome zones; 4 – ryn sands.

2019] (Lavrushin et al., 2015, 2019). Некоторые представления о специфике морского осадконакопления затрагиваются лишь в связи с развиваемой основной идеей настоящей работы.

2. Типы проявлений грязевого вулканизма

В ходе исследований было установлено значительное участие в строении четвертичных толщ образований, формирование которых связано с проявлениями грязевого вулканизма. Этот важный момент имеет не только локальное, но и общее значение. Он позволяет говорить о том, что в некоторых районах, не являющихся районами типичного проявления вулканизма, в покрове четвертичных отложений принимают участие не только экзогенные, но и широко распространенные в районе исследований преобразованные фрагменты неглубоко залегающих погребенных как дочетвертичных, так и наиболее ранних четвертичных отложений. Это, как уже указывалось, в первую очередь, было связано с активным преобразованием несцементированных пород кайнозоя процессами высокобарической флюидодинамики, обусловленной соляной тектоникой. Активизация процессов соляной тектоники в приповерхностной части земной коры приводила к образованию трещин и ослабленных зон, по которым происходили излияния пульпы. Эти трещинные излияния пульпы, наряду с сопочными вулканами и сальзами, рассматриваются нами также в качестве проявлений грязево-вулканической деятельности. Как было показано ранее [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), подобного типа образования бывают связаны с проявлениями

протрузионных процессов, в ходе которых происходило формирование грядовых форм рельефа и превращение их в грядово-трещинные грязевовулканические формы. Нами выделяется еще один тип грязевого вулканизма, отнесенный к трубкам взрывов. Речь идет действительно о трубках взрывов, которые быстро заполнялись водой, превращаясь в озерные водоемы овальной формы. Нередко на берегах подобных водоемов проявляется даже частичное обваловывание. Возникновение воронок взрыва нами связывается с подходом к зоне нарушений в так называемой «покрышке» фрагментов аксарайского газоконденсатного горизонта, которые, попадая в совершенно другую барическую обстановку вблизи зоны нарушений, моментально взрывались, образуя трубку взрыва. Наконец, нами выделяется еще один тип грязевого вулканизма, который расширяет понятие сальзы в виде сальзового бассейна В этом плане, высказано предположение о наличии подобной грязевулканической структуры в пределах значительной по площади соляно-тектонической впадины, непосредственно восточнее Волгограда, ныне занятой обширным массивом Волго-Ахтубинской поймы. В сальзовом бассейне в определенный этап соляной активности происходило одновременное излияние множества сальз, продуцировавших огромное количество грязевулканической пульпы для питания грандиозного грунтового грязевого потока, заложившего основу будущей новой долины р. Волги.

3. Основные элементы структуры гравитационного потока и приуроченность к некоторым из них проявлений грязевого вулканизма

После публикации [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019) и в процессе работы над настоящей статьей выяснилась необходимость разработки схемы строения структуры гравитационного покрова, возникшего в западной части Прикаспия. Это было обусловлено установленной связью проявления некоторых типов грязевого вулканизма с определенными структурными элементами гравитационного покрова. Учитывая, что активность гравитационного покрова, правда, пока умеренная, продолжается и в настоящее время, данные исследования могу иметь прогнозное значение. Кроме того, они представляют важное теоретическое значение при исследовании более древних аналогичных образований.

Гравитационный покров в западной части Прикаспия расчленен Волжско-Ахтубинской депрессией на две лопасти: западную и восточную. В структуре покрова выделяется латеральная часть, имеющая сложное строение и признаки проявления разновозрастной кинематики. Обе лопасти показывают в целом одинаковое южное направление гравитационного движения покрова в сторону Каспия. В зоне контакте между этими двумя лопастями выделяется еще один элемент – «долина» существовавшего мощного гравитационного потока, которая называется Волжско-Ахтубинской депрессией и в днище которой протекают современные реки – Волга и Ахтуба (рис. 3).

Вопрос о возрасте возникновения Волжско-Ахтубинской депрессии, в которой находилась долина гравитационного грунтового потока, пока далек от своего окончательного решения. Тем не менее, полученные нами результаты, дают возможность его обсудить. Забегая несколько вперед, отметим, что в районе Соленозаймищенского участка правобережной части уступа Волжско-Ахтубинской депрессии были обнаружены геологические признаки протяженной зоны трещиноватости в приповерхностной части земной коры (эти данные будут приведены позже). Ориентировка зоны трещиноватости совпадает с общей направленностью депрессии. Поскольку эта зона была обнаружена в отложениях начальной стадии регрессивного этапа раннехазарского моря, мы полагаем, что в это время и возникли основы зарождающейся структуры. При этом нет оснований для отрицания и более раннего появления трещинообразования. В регрессивные этапы между двумя хазарскими трансгрессиями, а также между хазаром и хвалынью происходило преимущественно прерывистое, временами интенсивное накопление разного типа грязевулканических образований, сопровождавшееся иногда значительными проявлениями глубинной эрозии локальных рек. В хвалынское время (время гирканской и раннехвалынской трансгрессий) никаких признаков в структуре строении и залегания соответствующих морских толщ существования депрессии пока не обнаруживается. Более того, субгоризонтальное залегание отложений (толщи шоколадных глин) позволяет считать, что морфологически выраженной депрессии на дне этого моря не было. По имеющимся в настоящее время данным, морфологически выраженная структура в виде депрессии появилась только в самом конце позднего плейстоцена, когда вновь произошла активизация соляной тектоники. Эта активизация вызвала обновление ранее существовавшей зоны трещинообразования, расчленение гравитационного покрова на две лопасти и частичное локальное разрушение очень прочной толщи шоколадных глин. В результате на поверхности дна бывшего морского бассейна произошло заложение первичных морфологических неровностей будущей депрессии. Вторым важным событием данной активизации оказалось очень

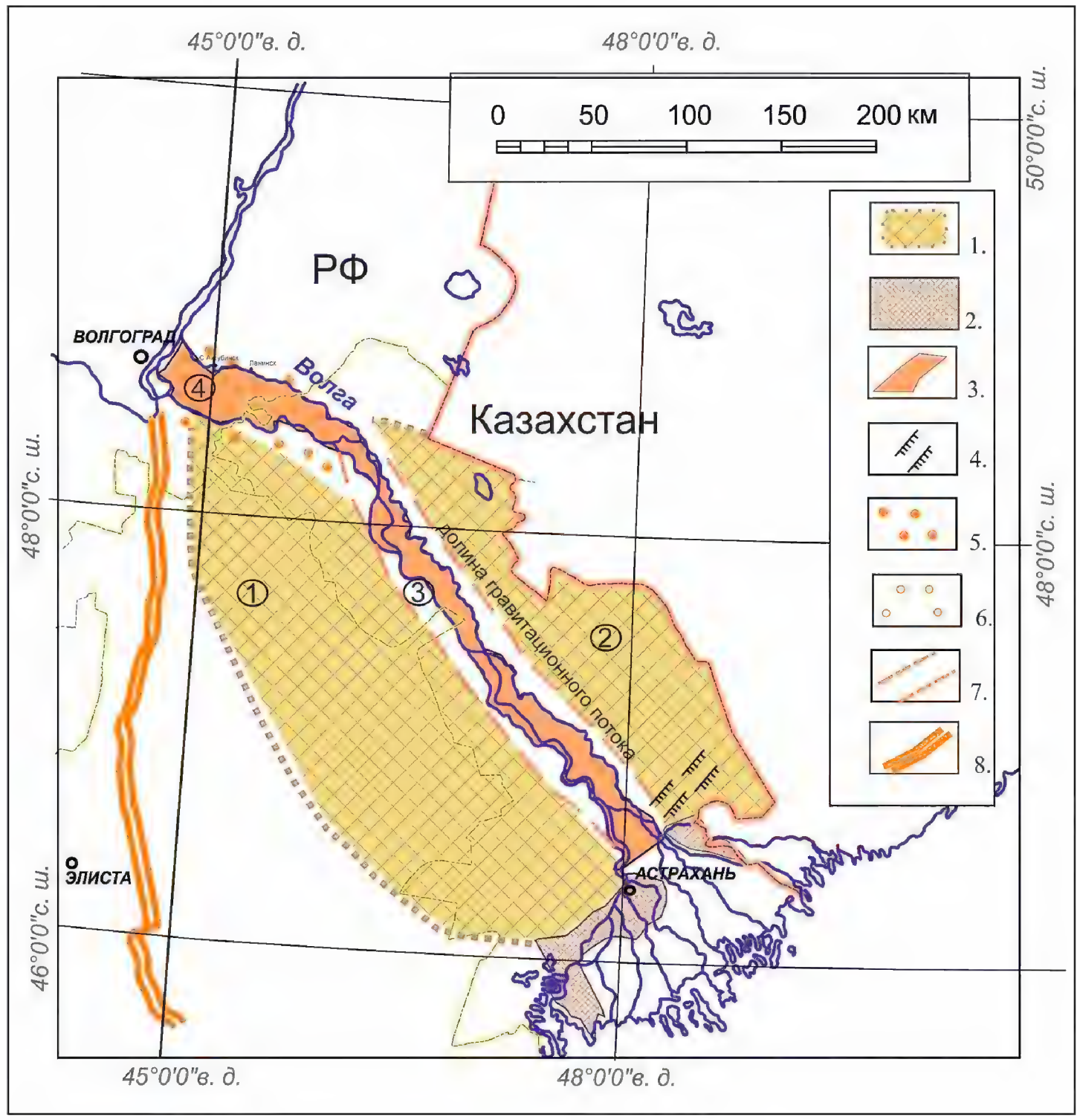


Рис. 3. Схема структуры гравитационного покрова.

Цифры в кружках: 1 – западная лопасть гравитационного покрова; 2 – восточная часть покрова; 3 – Волжско-Ахтубинская депрессия (долина грунтового потока); 4 – бассейн сальзообразования (бассейн питания грунтового потока).

Условные знаки: 1 – наиболее крупные элементы структуры гравитационного покрова; 2 – внешняя латеральная часть покрова с фрагментами покрова разного возраста на склоне Каспийской впадины; 3 – долина гравитационного грунтового потока; 4 – зона сжатия в южной части покрова; 5 – грязевые вулканы сопочного типа; 6 – проявления излияний пульпы сальзового типа; 7 – зона трещинообразования, предопределившая зарождение Волжско-Ахтубинской депрессии (долина грунтового потока); 8 – восточная граница Южных Ергеней.

Fig. 3. Diagram of the structure of the slip sheet (gravity overlying cover).

Numbers in circles: 1 – Western lobe of the slip sheet; 2 – the eastern part of the slip sheet; 3 – Volga-Akhtuba rivers depression (valley of the ground flow); 4 – pool of salization (pool of ground flow supply).

Symbols: 1 – the largest elements of the structure of the slip sheet; 2 – the outer lateral part of the cover with fragments of the cover of different ages on the slope of the Caspian depression; 3 – valley of the gravitational ground flow; 4 – zone of compression in the southern part of the cover; 5 – cone type mud volcanoes; 6 – salsa type pulps occurrence; 7 – crack formation zone, predetermined the origin of the Volga-Akhtuba depression (valley of the ground flow); 8 – the South Yergeni eastern border.

интенсивное проявление грязевого вулканизма. Как отмечалось,в пределах обширной солянотектонической впадины на месте современной расширенной Волго-Ахтубинской поймы возник грандиозный по своим размерам бассейн сальзообразования, по берегам которого существовали сопочные грязевые вулканы. Интенсивное функционирование множества сальзовых структур очень быстро вызвало переполнение пульпой бассейна сальзообразования. В результате по уже морфологически выраженной зоне трещинообразования вблизи современного пос. Каменный Яр начался перелив пульпы, через существовавшую подпруду, который заложил основы мощного гравитационного потока. Этот поток своей эрозионной способностью завершил возникновение первого этапа формирования Волжско-Ахтубинской депрессии. Таким образом, бассейн сазьзообразования превратился в бассейн питания грунтового гравитационного потока, а зона трещинообразо-

вания в его «долину». Как было показано [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), на гипсометрическом уровне залегания шоколадных глин, в береговых уступах долины потока фиксируется проявление процесса «взлома» толщи этих глин в виде угловатых очертаний Не исключено, что отмеченная «угловатость» на уровне шоколадных глин может также рассматриваться как результат процесса «взлома» контакта между западной и восточной частями покрова, так и с эрозионной деятельностью впоследствии возникшего грунтового гравитационного потока. В пределах данной «долины» господствующим типом проявления грязевого вулканизма были трещинные излияния пульпы.

Что касается дельты потока, то эти образования в значительной степени оказались перекрыты внешней латеральной частью гравитационного покрова, а также преобразованы процессами формирования дельты Волги. В целом, можно констатировать, что последующий этап развития Волжско-Ахтубинской депрессии связан с эрозионно-аккумулятивной деятельностью рек Волги и Ахтубы.

Южная латеральная часть покрова находится на валообразном поднятии соляно-тектонической структуры, а на ее верхней части частично располагается край покрова, временное положение которого принимается нами за условную нулевую отметку (в современном рельефе нулевое положение края покрова нами принимается по положению бровки современной впадины Каспия). В латеральной части покрова выделяются внутренняя и внешняя зоны.

Восточная зона латеральной части покрова проецируется на северный склон частично погребенного вала солевой структуры. В этой зоне в поверхностной части покрова была выделена зона сжатия, которая представлена удлиненными грядами, расположенными очень близко друг от друга. Строение этих гряд пока не изучено, но их морфология и расположение на склоне, встречном к направлению движения основного гравитационного покрова, хорошо представлены на космических снимках. Эта отдельная, четко выраженная полоса, морфологически резко отличающаяся от смежных участков покрова. Не исключено, что гряды зоны сжатия могут быть протрузионно-инъекционного происхождения.

Внешняя часть латеральной зоны представлена далеко не везде, поскольку, например, в центральной части дельты Волги от нее остались лишь разрозненные грядовые возвышения. В публикации [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019) рассматривался небольшой фрагмент этой части, представленный невысокими грядками, которые являлись верхней частью гравитационного покрова, соскользнувшей, скорее всего, по верхней плоскости скольжения, имеющейся в толще покрова. Внешняя часть латеральной зоны была обнаружена на склоне Каспийской впадины. Удаленность этого фрагмента от условной нулевой отметки составила всего 150–160 м. На склоне современной Каспийской впадины на космических снимках также иногда можно видеть несколько соскользнувших фрагментов верхней краевой части покрова, различающихся по своему геоморфологическому облику и, как мы считаем, по возрасту (рис. 4).

В центральной части дельты частично сохранился значительно более крупный фрагмент внешней латеральной части покрова, который раньше назывался нами отторженцем. Особенностью морфологии данного фрагмента гравитационного покрова являются наиболее высокие бэровские бугры протрузионно-грязевулканического происхождения. Этот фрагмент внешней части латерального покрова также «соскользнул» в сторону Каспия, но на значительно большее расстояние и тем самым фиксирует большую подвижку гравитационного покрова. Во время своего движения этот крупный блок был разбит трещинами (рис. 5). Имеются еще несколько промежуточных типов соскользнувших фрагментов внешней части покрова, различающихся по размерам и морфологической выраженности. Все отмеченные «выбросы» связываются нами с кинематикой движения гравитационного покрова, а различные их размеры, скорее всего, обусловлены разными по своей интенсивности проявлениями соляной тектоники. Несмотря на незавершенность изучения внешней части покрова, уже по полученным результатам можно сделать два важных вывода о кинематике движения гравитационного покрова. Во-первых, выдвижение внешних частей покрова происходило неоднократно и распространялось на разные расстояния от условной нулевой отметки, что можно рассматривать как проявления во времени разномасштабных и разновременно возникавших кинематических процессов. Второй вывод связан с различным динамическим воздействием движущейся внешней части гравитационного покрова на приповерхностную часть земной коры. При максимальном динамическом воздействии происходит возникновение грядово-протрузионных грязевулканических проявлений.

Из изложенного можно полагать, что дальнейшее изучение резонансных подвижек внешней части гравитационного покрова позволит не только установить последовательность разных по интенсивности импульсов соляной тектоники, но и вскрыть особенности кинематики гравитационного покрова.

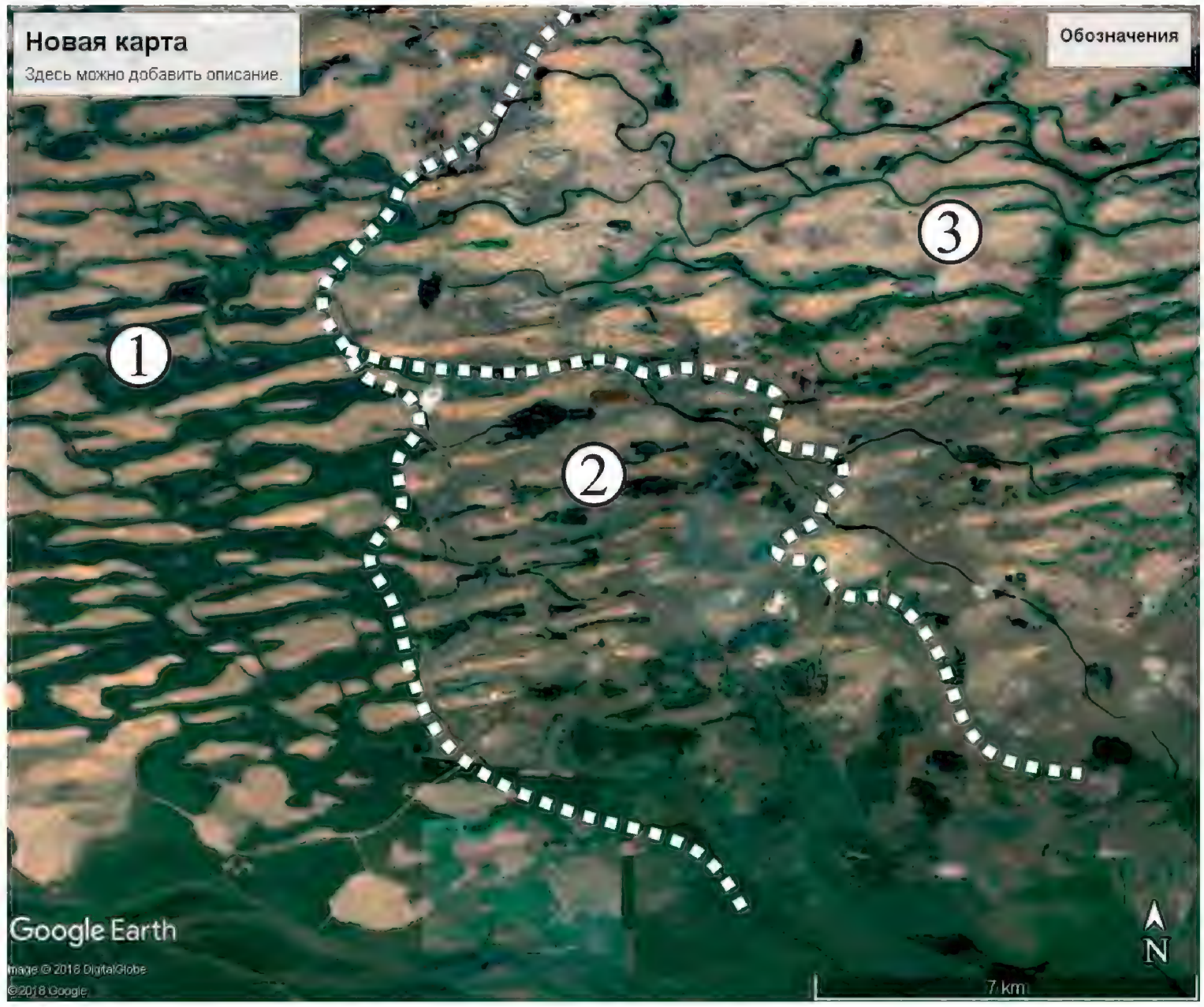


Рис. 4. Фрагменты гравитационного покрова поздне-голоценового возраста, «соскользнувшие» на склон каспийской впадины с морфологически различными формами рельефа. Сброс фрагментов на склон отражает почти современную существующую гравитационную кинематику покрова, обусловленную активными проявлениями соляной тектоники (цифры в кружках: различные по морфологии пластины покрова).

Fig. 4. Late Holocene age slip sheet fragments, «slipped» onto the slope of the Caspian depression with morphologically different relief forms. This fault of fragments onto the slope demonstrates the almost resent gravitational kinematics of the cover caused by active occurrence of salt tectonics (numbers in circles: cover plate different morphology).

4. Возникновение новой долины Волги как одно из следствий проявления соляной тектоники

Вопрос о причинах изменения направления течения Волги вблизи южной окраины Волгограда не оставался без внимания исследователей Западного Прикаспия При этом необходимо отметить, что вопрос о конкретном времени данного события никогда не обсуждался. Исключение составляет лишь одна нам известная публикация [Брылев и др., 1970], в которой говорится о послехвалынском времени. И хотя эта дата оказалась близка к установленному нами времени изменения направления течения Волги, необходимо отметить, что данный временной интервал в 60-х годах прошлого столетия понимался совсем по-другому, чем это имеет место в настоящее время. Поэтому говорить о полной идентичности выводов Брылева и др. [1970] и наших вряд ли уместно.

Русло Волги в пределах всего Среднего Поволжья (до сооружения системы водохранилищ) располагалось в полном соответствии с законом Кориолиса в непосредственной близости к восточной окраине Приволжской возвышенности и Южных Ергеней. В Нижнем Поволжье, непосредственно ниже по течению примерно от южной окраины Волгограда, направление русла Волги резко меняется на близкое к субширотному, а затем на юго-восточное. Протяженность субширотного отрезка составляет около 60 км, а на широте Астрахани удаленность долины Волги от Ергеней превышает уже 250 км. По нашим представлениям, изменение направления течения реки и, соответственно, создание новой долины произошло в начале голоцена. Это обосновывается наличием комплекса лишь пойменных образований рек Волги и Ахтубы в днище Волжско-Ахтубинской депрессии, а также отсутствием, по нашему мне-

нию, в ее бортах более древних аллювиальных отложений Волги.

Подобное резкое изменение направления течения Волги и создание ее новой молодой долины (более древняя долина располагалась западнее, у подножия Ергеней) пояснялось лишь общими фразами. Наиболее конкретно в этом плане высказался М.М. Жуков [1935] (Zhukov, 1935), который связал столь резкое изменение направление течения Волги с соляной тектоникой, проявления которой фиксировались в расположенных поблизости соляных куполах. Но конкретного механизма создания крупной «грабеноподобной долины» предложено не было. Некоторые исследователи не исключали связь изменения долины Волги с неотектоническими процессами, без какого-либо указания на конкретный механизм их воздействия на изменение направления течения Волги [Мещеряков, 1954; Аристархова,1980] (Aristarkhova, 1980).

Как отмечалось выше (см. раздел 3), важной предпосылкой возникновения новой долины Волги в Низовом Поволжье послужили проявления соляной тектоники. В настоящем разделе раскрывается последовательность соляно-тектонических событий. Наибольший интерес представляют два типа проявлений соляной тектоники: трещинообразование и грязевый вулканизм. Процессы трещинообразования оказались ведущими в возникновении Волжско-Ахтубинской депрессии, одной из важнейших соляно-тектонических структур в изученном районе, в днище которой находится новая долина р. Волги.

Рис. 5. Трещиноватость крупного фрагмента гравитационного покрова, «соскользнувшего» в пределы дельты Волги. Часть трещин уже использована протоками Волги или ручьями, имеющими в межень подземно-водное питание.

Fig. 5. Fracturing of a large fragment of the slip sheet, «slipping» into the Volga delta. Some of the cracks have already been used by the Volga canals or streams, which have underground water supply during the dry season.

Зона трещинообразования, протянувшаяся от пос. Каменный Яр до Астрахани, возникла, по нашим представлениям, почти сразу после завершения раннехвалынской трансгрессии в интервале около 14–13 тыс. лет назад. Одной из основ развития подобных представлений послужили датировки, полученные по раковинам морских моллюсков. В этом отношении хотелось бы напомнить датировку 14 тыс. лет, полученную по раковинам отобранным из отложений трансгрессивной фации раннехвалынских образований из разреза Спасское-Приволжье, расположенного вблизи Жигулей, т.е., в почти непосредственной близости от границы максимального распространения этой трансгрессии. Возникновение зоны трещинообразования привело, во-первых, к расчленению позднеплейстоценового гравитационного покрова на две лопасти: западную и восточную, а во-вторых, к раздроблению пласта плотных раннехвалынских шоколадных глин. Учитывая значительную протяженность зоны трещинообразования, есть основания полагать, что ее возникновение было обусловлено экстремальным событием активизации соляной тектоники. При этом не исключается связь формирования отдельных участков данной зоны с проявлениями сейсмических процессов.

Вторым важным индикатором активизации соляной тектоники является значительное проявление грязево-вулканической деятельности в районе современного расширения Волжско-Ахтубинской поймы, непосредственно в соляно-тектонической впадине.

В этом районе грязевой вулканизма был представлен двумя типами. По окраинам впадины были грязевые вулканы сопочного типа. В днище упомянутой впадины, имеющей протяженность в субширотном направлении около 100 км, а в меридиональном около 40–50 км, был развит грязевый вулканизм сальзового типа. По мере поднятия уровня пульпы в бассейне сальзообразования, в районе Каменного Яра начался ее перелив в зону расчленения гравитационного покрова на две части, и, таким образом, возник мощный грунтовый поток алевритового состава, который не только захватывал и выносил раздробленные процессом трещинообразования преимущественно хвалынские образования, но и производил значительную эрозионную деятельность. В результате возникла уже морфологически выраженная «долина» грунтового потока, исток которого находился в районе Каменного Яра, а бассейн сальзообразования превратился в бассейн питания возникшего потока. С появлением долины грунтового потока можно говорить о формировании морфологически выраженной линейно вытянутой депрессии. По нашему мнению, первоначальный этап образования морфологически выраженной депрессии продолжался около 2 тыс. лет и завершился в начале голоцена – в пребореале. Процесс завершения был обусловлен прекращением массовых излияний пульпы, что одновременно означало отмирание существования грунтового потока и снижение активной деятельности соляной тектоники. Следующий этап был связан с более спокойным состоянием активности соляной тектоники. Именно в этот этап на месте соляно-тектонической депрессии возник значительный по своим размерам подпрудный водоем и сток Волги в конечном итоге целиком переключился на «долину» грунтового потока, превратив ее в новую долину Волги и Ахтубы.

В ходе проведенных исследований на правобережье субширотного отрезка долины Волги, было обращено внимание на прилежащую к бе-регу реки полосу рельефа, в настоящее время несколько возвышающегося над хвалынской равниной. Эта «полоса» представляла собой ряд возвышений, скорее всего, холмообразного типа, значительно срезанных в ходе антропогенной деятельности. С этими остаточными возвышениями коррелируются волнообразные в плане изгибы русла Волги, возникновение которых, как мы считаем, связано с изменчивостью геологического строения приречной береговой полосы. Действительно, в разрезах Светлый Яр и Райгород, расположенных на выдающихся к северу «волнах» береговой линии, на урезе воды имеются выходы так называемых сингильских отложений, генезис которых традиционно постулируется как озерный. В соответствии с публикацией [Застрожнов, 2009], в выделенных «сингильских» отложениях были обнаружены фрагменты раковин пресноводных моллюсков *Unio tumidus* Retz., *U. pictorum* L., *Sphaerium ravicola* Leach. Отмечается также, что в разрезе Райгород известны находки костных остатков животных хазарской фауны, крупных млекопитающих: *Paleooxodon antiguus, Elasmotherium sibiricum, Bison priscus, Saiga, Camelus* и др. В разрезе Светлый Яр Л.П. Александровой было обнаружено местонахождение грызунов, приуроченное, по ее мнению, к погребенной почве в толще сингильских образований, представленной так называемой «крупитчатой» пачкой отложений, рассыпающихся на мелкую крошку. Но возраст данного комплекса не был установлен, видимо, из-за значительного участия в нем выделенных новых видов. Позднее А.К. Маркова [2009] (Markova, 2009), в результате проведенного сравнительного анализа фауны Светлоярского разреза с фаунами грызунов из отложений опорных разрезов Восточно-Европейской равнины, сопоставила уровень ее развития со временем лихвинского

межледниковья отечественной стратиграфической шкалы. Важность данного исследования состояла также в том, что появилась реальная возможность биостратиграфически обоснованной корреляции одного из фрагментов четвертичного покрова Северного Прикаспия с соответствующими стратиграфическими подразделениями отечественной и западноевропейской шкал. Дополнительно необходимо отметить, что в сингильских отложениях по данным геологической съемки [Застрожнов, 2009] (Zastrozhnov, 2009) были обнаружены также остракоды: пресноводные *Candona levanderi* Hirsch., *Jlyocypris bradyi* Sars., *Cypria candonae formis* и др. и единичные солоноватоводные *Caspiolla acronasuta gracilis* Li v.

В отношении генезиса сингильских отложений в публикациях имеется два близких мнения: это (1) озерные отложения и (2) лимноаллювий. Распространение их на опубликованном профиле [Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov et al., 2018) они изображаются в виде сплошного горизонта в правобережных разрезах почти на всем протяжении Волжско-Ахтубинской депрессии, т.е. от Волгограда до Астрахани, создавая ложное впечатление о существовавшей «озерной трансгрессии». В объяснительной записке к изданному листу геологической карты (M-38XXX111G), а также в более поздних публикациях [Застрожнов, 2009; Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov, 2009; Zastrozhnov et al., 2018) отмечается, что в пределах рассматриваемого участка Волги для сингильских отложений характерно залегание в виде крупных линз. Протяженность этих линз может достигать 3–4 км, а мощность 2–6 м. Представляет также интерес состав этих толщ по материалам бурения. В толще темно-серых алевритов встречаются линзы глинистого песка мощностью до 0,5 м, а также линзы лигнитов мощностью 0,1–0,2 м. Вызывает сомнения не только генетическая интерпретация этой линзовидности, образованной маломощными линзами песка и тонкими линзами лигнитов, но и отнесение данных отложений только к сингильскому времени, т.е. к среднему неоплейстоцену. По нашему мнению, глинистая толща этих отложений может быть в возрастном плане быть более сложной, поскольку в ней имеются фрагменты отложений как бакинского, так и лихвинского возраста. Возраст рассматриваемых отложений определялся по фауне как млекопитающих, так и унионид, среди которых был выявлен вид *U. tumides*, а также, как упоминалось выше, по строению толщи. Датирование осуществлялось по находкам костных остатков животных как тираспольского, так и хазарского комплексов крупных млекопитающих. В связи с этим возникает необходимость нашего объяснения появления вышеупомянутых отложений в основании берегового уступа Волги. Следует обратить внимание на приводимые фрагменты геологических профилей, опубликованные в разное время и с разной степенью детальности [Попов, 1967; Застрожнов и др., 2018] (Popov, 1967; Zastrozhnov et al., 2018). Общим для обоих фрагментов профилей является наличие в строении отложений на правобережье Волги парагенеза крупных деформаций, вызванных соляной тектоникой: брахиантиклиналей, грабеноподобных депрессий, мощных структур выдавливания в виде куполов, диапиров, трещин и т.д. Необходимо отметить также, что для последних из перечисленных структур иногда допускается грязевулканическое происхождение. Верхняя часть некоторых из этих структур выходит выше уреза воды современной Волги и находится в зоне воздействия ее боковой эрозии. Но поскольку эти выходы были образованы относительно более уплотненными отложениями, очертание береговой линии на этих участках в плане, как отмечалось, приобретает выпуклый тип. По нашему мнению, на этих участках вскрывается латеральная часть структур. Поскольку так называемые сингильские отложения в данном конкретном случае участвуют в строении склоновых образований этих структур, их происхождение не может быть объяснено озерным типом седиментогенеза. По нашему мнению, преобладающий тип склоновых отложений образован покровом щебенки, состав которой представлен темно-серым алевритом, иногда даже с остроугольными гранями. Это позволяет предполагать, что данные склоновые образования являются отложениями сопочного типа грязевого вулкана. При этом не исключается, что щебенчатый тип склоновых отложений мог быть обусловлен проявлениями взрывного типа извержений. Видимо, этим можно объяснить их повышенную плотность и хорошо выраженную щебенчатую структуру. Взрывной тип вулканизма мог быть связан с возникавшей иногда закупоркой подводящего канала и, соответственно, с взрывным типом прорыва этой пробки. Судя по наличию в пульпе линзовидных включений лигнита, которым обогащены (по данным бурения) апшеронские отложения [Застрожнов, 2009] (Zastrozhnov, 2009), очаг вулкана находился в глинистых отложениях апшерона. Подобная генетическая интерпретация так называемых сингильских отложений не исключает их первичного осадконакопления в застойно-водных или слабопроточных бассейнах. На основании присутствия в этих отложениях *Unio tumides*, возраст одного из извержений вряд ли может быть моложе бакинского (по устному сообщению А.Л. Чепалыги). Однако, судя по наличию в них находок костных остатков некоторых представителей хазарского комплекса фауны крупных млекопитающих, их излияние

на палеодневную поверхность могло произойти в лихвинское время, как об этом свидетельствуют приведенные выше результаты исследований А.К. Марковой. Можно также полагать, что изливавшиеся из кратера грязевого вулкана грязевые потоки в виде киселеподобной глинистой пульпы привлекали некоторых крупных млекопитающих, которым была необходима минеральная добавка к пище. В этом отношении уместно напомнить, что слонам в современных зоопарках подобная добавка включена в рацион питания, особенно в весеннее время. Отсюда становится очевидной пространственная связь местонахождений костей крупных млекопитающих с потоковыми образованиями, для которых была свойственна вторично возникшая киселеподобная консистенция глинисто-алевритовых образований. Таким образом, нами допускается, что излияния пульпы глинисто-алевритового состава происходили неоднократно. В этом отношении обращает внимание распадающаяся на крошку часть толщи склоновых отложений, в которой обнаружены кости грызунов. Не исключено, что «крошкоподобная структура» явилась следствием динамического воздействия склоновых процессов, связанных с процессом срыва и движения части склоновых образований. Но этот вопрос требует своего дальнейшего изучения. Интересно отметить, что следующим извержением грязевого вулкана была пульпа преимущественно песчаного состава. Это можно объяснить, учитывая сложность геологического строения разреза, лишь незначительным латеральным смещением положения очага вулкана, возможно в толщу песчаных отложений, напоминающих по составу лишь в какой-то степени близкую к андреевской свите. Однако это предположение базируется пока на визуальном анализе и не подтверждено аналитическими данными. По нашему мнению, с этим типом излияний связано формирование линзовидной толщи грубозернистых песков в разрезе Светлый Яр, перекрытых раннехвалынскими морскими отложениями. Связь данного фрагмента песчаных отложений с андреевской свитой постулируется нами на основании изолированности выхода подобного типа образований и в значительной степени условно. Наконец, последнее «оживление» процесса грязево-вулканических извержений в рассматриваемой субширотной полосе их распространения произошло на границе позднего неоплейстоцена и голоцена. Как отмечалось ранее [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019) и уточняется в настоящей публикации, представлено оно было отложениями фации рулетов (рис. 6). Наличие отложений данной фации можно рассматривать как однозначное свидетельство существования склона, скорее всего являвшегося частью грязевого вулкана сопочного типа. Распространение подобного типа грязево-вулканических структур нами намечается вдоль правобережного берегового уступа Волги от Красноармейска до Каменного Яра, что совпадает с южной границей возникшего подпрудного водоема. Как ясно из изложенного, нами допускается возникновение по данной субширотной линии достаточно плотных грязево-вулканических образований, способствовавших формированию плотины с южной стороны возникавшего подпрудного водоема. В результате эта плотина, состоящая из грязево-вулканических отложений, а также раннехвалынских шоколадных глин, наращивала гипсометрию берегового уступа и способствовала поднятию уровня воды в возникавшем водоеме, поскольку была сложена трудно размываемыми отложениями.

Как отмечалось, подпрудный водоем заполнил существовавшую западину в рельефе левобережья, являвшуюся бассейном питания гравитационного потока. Мы полагаем, что правобережная часть истока гравитационного потока находилась в районе современного пос. Каменный Яр. Бассейн питания гравитационного потока имел в плане вытянутую в субширотном направлении форму. Северная граница бассейна питания проходила по линии расположения населенных пунктов Волжский–Средняя Ахтуба–Ленинск. На восточной границе размещается пос. Капустин Яр. Как мы полагаем, мощные накопления грязевых образований сформировались за счет многочисленных излияний разного типа грязево-вулканической деятельности, активность которых возрастала в этапы резкой активизации соляной тектоники.

В днище бассейна питания гравитационного потока грязево-вулканический материал накапливался, как отмечалось, в ходе излияний сальз. Подобные излияния в данной части бассейна питания проявляются, хотя и редко, в настоящее время в виде обширных круглых в плане структур в пределах пойменных массивов. Нами не исключается также, что, например, оз. Круглое, обрамленное валами выброса материала и изящно окруженное с севера одной из пойменных проток, также может быть отнесено к подобного типа образованиям (рис. 7). В краевых частях бассейна, скорее всего, преобладали грязевые излияния, продуцированные сопочными грязевыми вулканами.

Что касается подпрудного водоема, унаследовавшего впадину бассейна питания гравитационного потока, то, как мы полагаем, его возникновение было связано с распространением трудноразмываемых отложений, главным образом шоколадных глин, и, возможно, с этапом массового схода крупных оползней, перегородивших русло Волги в районе Красноармейска. В результате впадина бассейна питания гравитационного потока стала

Рис. 6. Отложения фации рулетов у подножия сопочного грязевого вулкана. Фото предоставил А.О. Макеев; интерпретация в настоящей статье Ю.А. Лаврушина (данная оговорка сделана специально, поскольку А.О. Макеев придерживается других представлений).

Fig. 6. Deposits of the roll's facies at the foot of a mud volcano. Photo courtesy of A.O. Makeev; interpreted by Yu.A. Lavrushin in this article (this described because Makeev has own opinion).

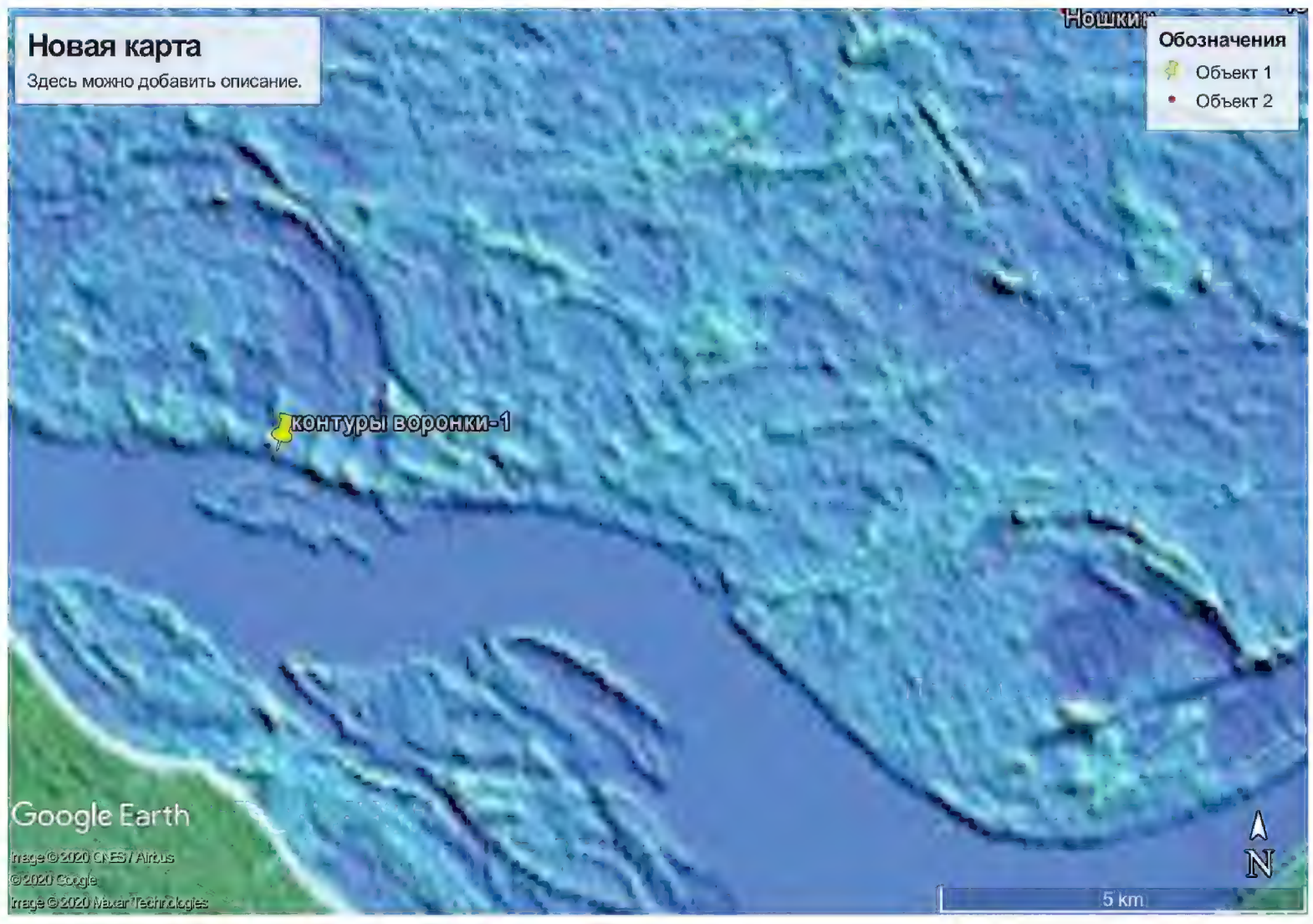


Рис. 7. Современные проявления подземных излияний сальзового типа в пределах южной части массива Волжско-Ахтубинской поймы (почти напротив Райгорода и Светлого Яра).

Fig. 7. Modern manifestations of underground eruptions of the salse type within the southern part of the Volga-Akhtuba rivers floodplain massif (almost opposite Raigorod and Svetly Yar).

заполняться водой, что вызвало образование подпрудного водоема. Нами допускается, что при переполнении водоема сток из него первоначально мог возникнуть на западном участке («по привычке»), а потом изменился на восточный. Западный сток располагался между Красноармейском и уступом Ергеней, а восточный – непосредственно вблизи восточной окраины Каменного Яра. Западный сток «столкнулся» с толщей трудноразмываемых шоколадных глин и оставил после себя элементы русловой аккумуляции в виде морфологически уплощенных грядоподобных повышений на поверхности морской равнины, которые очень похожи на островные аккумулятивные образования. Много подобных структур выявляется при анализе космических снимков. Иногда эти образования рассматривались даже в качестве особой разновидности бэровских бугров, но это было в период повального увлечения исследователей этими своеобразными формами рельефа. Важно отметить, что водный поток западного перелива подпрудного бассейна имел «распластанный» по поверхности морской равнины характер, поскольку высокая плотность шоколадных глин и кратковременность его существования не способствовали интенсивному проявлению глубинной эрозии и формированию соответствующей «послехвалынской» долины (рис. 8).

Принципиально иная ситуация сложилась на восточном участке при переливе вод подпрудного водоема через плотину бывшего бассейна питания. Перелив в этом случае произошел по истоку существовавшего здесь гравитационного грунтового потока, а впоследствии водная масса подпрудного бассейна существенно углубила русло истока до современного уровня. Таким образом,

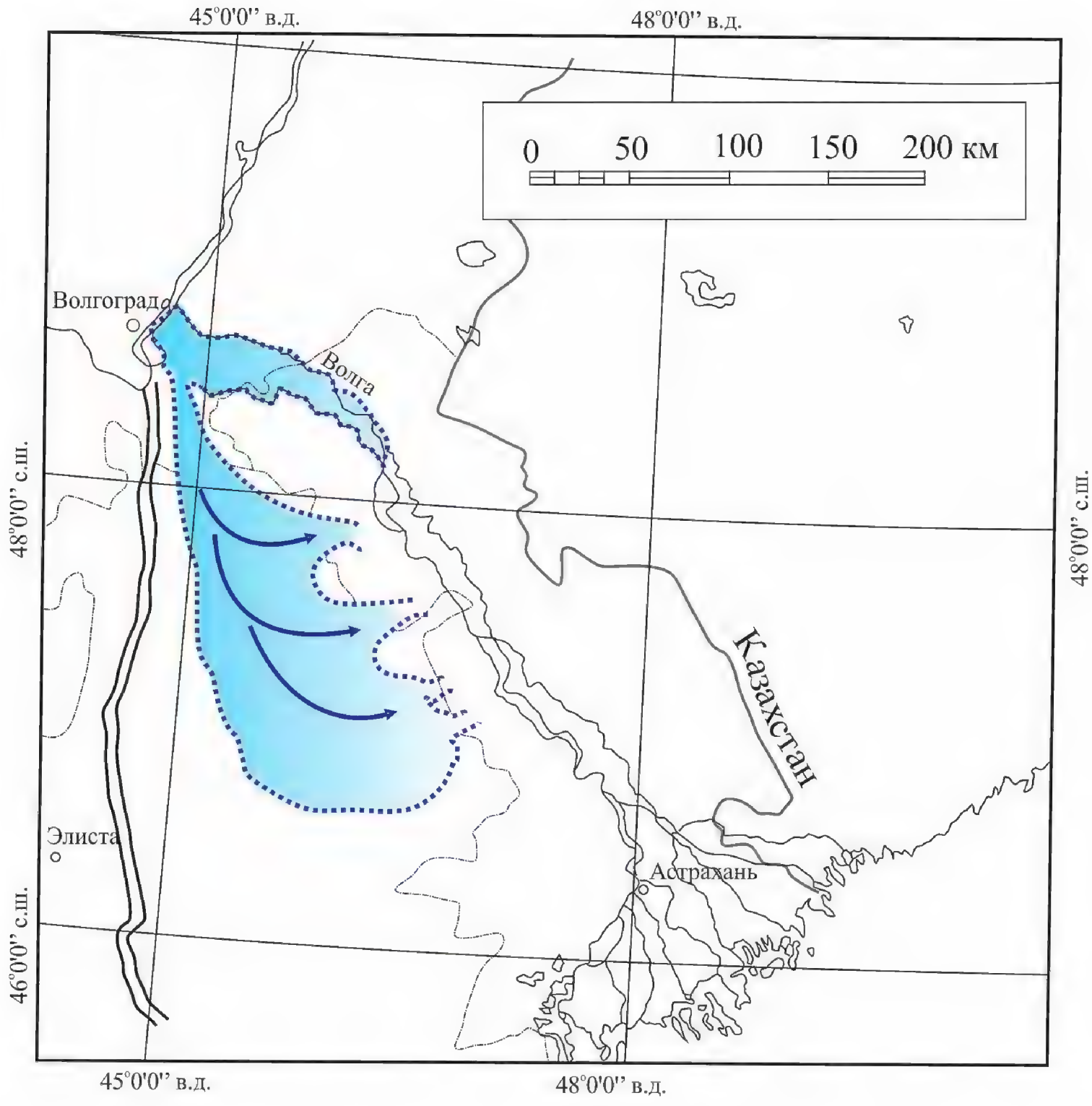


Рис. 8. Схема первоначально возникшего западного плоскостного стока возникшего подпрудного бассейна по поверхности раннехвалынской равнины в пределах поверхности западной лопасти гравитационного покрова.

Fig. 8. Diagram of the initially arisen western flat runoff of the dammed basin on the surface of the Early Khvalynian plain within the surface of the western lobe of the slip sheet.

Волга унаследовала готовую долину грунтового потока. Это определило не только направленность основного спуска вод подпрудного водоема, но и формирование новой долины Волги. Остается добавить, что существовавшее препятствие для глубинной эрозии в виде шоколадных глин было «взломано» еще при возникновении зоны трещинообразования и в значительной степени было обусловлено сначала процессом трения между двумя возникшими лопастями гравитационного покрова, а впоследствии эрозионной деятельностью грунтового потока. Характерные индикаторы подобного «взлома» были отмечены в публикации [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), они были установлены по анализу продольного профиля латеральных уступов депрессии на уровне выходов шоколадных глин.

Из изложенных материалов следует важный вывод: в береговых разрезах Волжско-Ахтубинской депрессии древние аллювиальные, аллювиально-озерные или дельтовые отложения, выделяемые рядом исследователей, не были связаны с волжским осадконакоплением, а являются результатом эрозионно-аккумулятивной деятельности местных рек, а также озерных водоемов и грязевулканической деятельности. По нашему мнению, какая-то часть (не исключено, что значительная) этих отложений может быть продуктом разных типов грязевого вулканизма. Отложения, вскрывающиеся в этих разрезах, характеризуют строение собственно Прикаспийской низменности.

5. Основные типы грязево-вулканических отложений, возникших в результате излияний на дневную поверхность фрагментов подземных плывунов

Одним из важнейших результатов проведенных исследований явилось установление участия в строении наземного покрова отложений частичных излияний подземных плывунов. Поскольку эти образования малоизвестны, было решено прежде всего только на тех из них, по которым удалось собрать наиболее полные материалы. При этом, учитывалось: литологическое строение, особенности залегания, текстуры, результаты литолого-фациального анализа. Ограниченно, только для решения отдельных вопросов, важных для настоящей статьи, проводилось исследования вещественного состава, изучение стабильных изотопов кислорода и углерода и даже учитывались морфогенетические данные, не говоря уже об анализе разного рода палеонтологических материалов. Естественно, на данной начальной стадии исследований этих образований многие из перечисленных методов далеко не всегда удавалось в полной мере использовать. Тем не менее, уже сейчас данных, полученных с даже с частичным использованием этих методов оказалось достаточно для распознавания разных типов излияний на дневной поверхности фрагментов образований, возникших под воздействием процессов высокодинамичной флюидодинамики. Эти образования в покрове четвертичных отложений иногда слагают значительные толщи, имеют широкое распространение и даже биостратиграфически обоснованное положение. Часть из них в стратиграфическом плане может рассматриваться в качестве свит. В генетическом плане эти образования выделены в виде специфического комплекса грязевулканических континентальных отложений. В этот комплекс входят отложения разных типов грязевулканических излияний, имеющие неодинаковое пространственное распространение. В рассматриваемом районе выделены: отложения потокового типа протяженных трещинных излияний; отложения подножий грядового типа грязевых вулканов с кратерами трещинного типа, а также отложения грязевых вулканов сопочного типа; отложения излияний сальзового типа; отложения пластово-покровных образований с пульпой суглинисто-супесчаного и алевритового состава, обнаруженных в долине палеореки Черноярка в пределах Прикаспийской равнины. Кроме того, были обнаружены грязевулканические отложения покровного типа, которые на данной стадии исследований можно отнести к лавинному типу. В статье кратко рассматриваются локальные аллювиальные и озерные отложения. Краткость обусловлена как ограниченностью собранного материала, так и отсутствием принципиальных отличий этих отложений по строению от аналогичных отложений равнинных территорий. В настоящей статье основное внимание сосредоточено на особенностях этих отложений, обусловленных подземно-водным питанием.

5.1. Грязевулканические потоковые отложения глинисто-алевритового состава зоны протяженных трещинных излияний

В настоящем разделе рассматривается строение и генезис отложений, слагающих видимую нижнюю часть так называемого Черноярско-Соленозаймищенского разреза правобережной части уступа Волжско-Ахтубинской депрессии, возвышающегося над урезом Волги на 7–10 м. Иногда эта часть разреза называется рабочим термином «цоколь», который используется и в настоящей работе. Протяженность рассматриваемого участка правобережья Волжско-Ахтубинской депрессии составляет около 18–20 км. Эти отложения,

образованные в основном глинистыми алевритами, многими исследователями относились к морским бакинским или раннехазарским отложениям [Москвитин, 1962; Свиточ, 1967; Федоров 1957 и многие другие] (Moskvitin, 1962; Svitoch, 1967; Fedorov1957). А.С. Застрожнов и др. [2018] впервые предложили включить их в комплекс озерно-аллювиальных отложений сингильского континентального этапа развития территории. В той же публикации было произведено резкое омоложение сингильских отложений, что выразилось в проведении нижней границы на уровне МИС-7, а верхней на уровне начального этапа позднего неоплейстоцена (частично МИС-5). Не исключено, что изменение стратиграфического объема сингиля было обусловлено недостаточным учетом геологического строения разреза. При этом произошел совершенно невероятный геолого-палеонтологический казус, выразившийся в изменении объема и «создании оригинального» хазарского фаунистического комплекса, в состав которого были включены как животные более молодого фаунистического комплекса, так и млекопитающие, составляющие основу более древней фауны. Вероятно, подобная ситуация возникла из-за недооценки существующих в разрезе стратиграфических перерывов и игнорирования одного из основных принципов при исследовании четвертичных отложений: необходимости установления генезиса отложений. В связи с этим следует напомнить, что составной частью учения о четвертичном периоде является учение о генетических типах, которое особенно важно при изучении континентальных образований или разного типа отложений переходных зон осадконакопления. Необходимо также напомнить, что ранее эта толща рассматривалась в качестве раннехазарских дельтовых образований, а залегающие ниже отложения так называемого «цоколя» относились к бакинским морским образованиям [Москвитин, 1962 и др.] (Moskvitin, 1962). В данном случае приходится констатировать, что подобный подход, в конечном итоге, привел к отрыву палеонтологического материала по крупным и мелким млекопитающим от геологического строения разреза.

Обоснованием морского генезиса рассматриваемых отложений цоколя у многих исследователей являлись, главным образом, находки в них раковин морских моллюсков и алевритовый состав отложений. Возраст отложений по фауне морских моллюсков, как упоминалось, оказался неоднозначным: бакинским или раннехазарским. При этом следует напомнить, что еще в публикациях [Попов, 1970, 1973] (Popov, 1970, 1973) по изучению результатов бурения было установлено в данном районе положение кровли бакинских и раннехазарских отложений ниже уреза воды р. Волги, соответственно на глубинах около 20 и 14 м ниже меженного уровня Волги. С другой стороны, нахождение в составе фауны моллюсков солоноватоводных видов, переносящих опреснение водной массы, послужило одним из оснований рассматривать отложения, в которых находится данная фауна, в качестве дельтовых образований регрессивной фазы раннехазарского моря. Отнесение к аллювиально-морским данных отложений в основании разреза преимущественно алевритового состава обосновывалось также неоднократным нахождением в них как отдельных костей, так и скоплений костей крупных млекопитающих.

В ходе изучения данного разреза в так называемом цоколе было установлено его сложное строение. В основании разреза цоколя первоначально залегала толща морских отложений, в которых находились раковины морских моллюсков. Как мы полагаем, усложнение строения разреза, прежде всего сказалось в изменении залегания морских отложений, могло быть вызвано крупным сейсмическим событием. В результате в уже отвердевшей поверхностной части морских отложений произошло образование системы субпараллельных открытых трещин субширотной направленности. Одновременно сейсмические удары в толще нижележащих интенсивно увлажненных алевритов, как мы полагаем, вызвали в них возникновение высокобарического состояния. Это способствовало разрушению связей между алевритовыми частицами и образованию массы киселеподобной консистенции, отличавшейся турбулентным состоянием. Все это, как будет показано, привело к формированию оригинального грядово-ложбинного рельефа. Процесс образования подобного рельефа был связан с выдавливанием в возникшие трещины высокобарической киселеподобной «возбужденной» массы преимущественно алевритового состава. Эта «масса» при выходе на дневную поверхность, попадая в принципиально иную барическую обстановку, тут же обезвоживалась и застывала, образуя непосредственно вблизи открытых трещин первичные положительные неровности в микрорельефе, являвшиеся своеобразными «зародышами» гряд. Последующие излияния при продолжающихся сейсмических процессах определяли образование гряд и соответственно возникновение грядово-ложбинного рельефа. При этом не исключается, что установленные преобразования могли произойти в очаговой эпицентральной зоне значительного сейсмического события. Одним из оснований для высказанных соображений послужила публикация космического снимка [Лаврушин и др., 2019, рис. 22] (Lavrushin et al., 2019), на котором изображена серия параллельных гряд, в вершинах которых на-

ходятся раскрытые трещины. В возникшие трещины вдавливалась «возбужденная» сейсмическими ударами нижерасположенная часть морских отложений киселеобразной консистенции. В процессе вдавливания происходило раскрытие крыльев трещин, что способствовало образованию грядового рельефа, отражавшего возникновение особого типа бэровских бугров.

Но в рассматриваемом нами случае возникший грядово-ложбинный рельеф оказался погребен несколько более молодыми грязево-вулканическими образованиями потокового типа. Захоронение грядового-ложбинного рельефа, вероятно, произошло во время следующего крупного сейсмического события, сопровождавшегося также процессом трещинообразования. Вновь возникшие трещины имели направленность, близкую к меридиональной и почти полностью совпадающую с направлением современной долины Волги. Для нас эта трещиноватость представляет интерес по двум причинам. Во-первых, возникшая трещиноватость практически полностью очерчивает местоположение появившейся впоследствии Волжско-Ахтубинской депрессии. Во-вторых, на правобережье района исследований из трещин происходили крупные излияния пульпы покровного типа, которая ранее возникшими грядами разделялась первоначально на отдельные крупные потоки. Позднее тип излияний пульпы изменился полностью на потоковый. Этот вывод был сделан на том основании, что в межгрядовых ложбинах примерно на одном уровне располагалось несколько структурно-выраженных потоковых образований.

Таким образом, среди отложений, слагающих «цоколь», нами выделено два типа. Наиболее древними являются морские отложения, представленные пачкой уплотненных темно-серых карбонатных алевритов, в которых встречается морская малакофауна, описанная многими исследователями данного разреза. Эти морские отложения, как нами предполагается, были интенсивно преобразованы в результате проявления крупного сейсмического события. При этом не исключается, что установленные преобразования могли произойти в очаговой эпицентральной зоне значительного сейсмического события. Одним из оснований для высказанных соображений послужили материалы публикации [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), в которой имеется космический снимок (рис. 22), На этом снимке изображена серия параллельных гряд, в вершинах которых находятся раскрытые трещины. В возникшие трещины вдавливалась «возбужденная» сейсмическими ударами нижерасположенная часть морских отложений киселеобразной консистенции. В процессе вдавливания происходило раскрытие крыльев трещин и одновременно способствовало образованию грядового рельефа, отражавшего возникновение выделенного особого типа бэровских бугров. В рассматриваемом нами случае, благодаря вдавливанию прилежащих к трещинам частей поверхности морской равнины, произошло образование грядово-ложбинного мезорельефа. Как упоминалось, ориентировка элементов рельефа была близкой к широтной. Высота гряд могла достигать 7–8 м. Ширина межгрядовых ложбин, видимо, не превышала 150–200 м. В привершинной части гряд в толще алевритов встречаются раковины морских моллюсков, описанные многими исследователями. Последний детальный анализ малакофауны был проведен Г.А. Данукаловой в публикации [Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov et al., 2018).

Мы считаем, что возникший рельеф был почти подобен низкогрядово-ложбинному рельефу одного из участков дельты, изображенному на рис. 22 в публикации [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019). Отличия состоят в том, что в нашем случае межгрядовые понижения оказались полностью заполненными потоковыми отложениями, которые снивелировали существовавший грядово-ложбинный рельеф и превратили толщу, слагающую цоколь, в покровное образование данного разреза. По нашим данным, на южном склоне привершинной части одной из гряд мощность морских отложений достигала примерно 1,2 м. Мощность отложений в межгрядовых ложбинах остается неизвестной, поскольку кровля толщи находится на уровне уреза Волги или даже несколько ниже.

Таким образом, толщу алевритов, слагающую гряды, мы сочли возможным, учитывая данные Г.А. Данукаловой, отнести к нижнехазарским морским отложениям. Однако в данном случае интерпретировать фауну моллюсков в качестве одного из индикаторов дельтовой обстановки осадконакопления регрессивного этапа хазарского моря кажется преждевременным. Подобное сомнение основано на том, что появление фауны моллюсков в прикровельной части пачки морских отложений в грядах могло быть связано с процессом выдавливания как раз из низов морской толщи на поверхность привершинной части гряды. При этом выдавленная масса вместе с фауной попавшая в совершенно иную барическую обстановку моментально застывала, а фауна моллюсков оказывалась во вторичном залегании. При этом не исключается (если следовать представлениям Г.А. Данукаловой), что регрессивная стадия раннехазарского моря могла осложняться кратковременными трансгрессивными «всплесками». Нами допускается, что ранг некоторых из этих «всплесков» в будущем может быть повышен до средне-

хазарской трансгрессия. Это допущение основано на том, что «всплески» чаще бывают приурочены к трансгрессивных стадий бассейнов. Но это предположение должно иметь надежное палеонтологическое обоснование. При этом необходимо иметь в виду, что, во-первых, говоря о дельтовой обстановке, Волги здесь не было; во вторых, малакафауна разновозрастна; в третьих, поскольку в это время нами допускается существование подземно-водного питания бассейна, в него могли поступать воды различной солености, что могло способствовать очаговой концентрации моллюсков эвригалинного типа.

Поскольку возникновение геоморфологического ландшафта в виде грядово-ложбинного рельефа было описано ранее [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), мы остановимся лишь на трех наиболее важных положениях. (1) Толща морских отложений приобрела «двуслойное строение». Верхняя субаэральная часть оказалась более плотной, а нижняя могла иметь еще разжиженную консистенцию алевритов. (2) Проявление сейсмического события вызвало деформации сжатия-растяжения в уплотненной верхней части морских отложений и образование системы параллельных трещин субширотной ориентировки. (3) Сейсмическое событие и возникшие сейсмогенные напряжения способствовали возникновению в морских отложениях киселеподобной консистенции и нагнетанию в открытые полости трещин нижней части толщи морских отложений. Процесс нагнетания сопровождался латеральным раскрытием нижних частей крыльев трещин и одновременным заполнением открытых полостей трещин отложениями изливавшейся части морской толщи, прилежащей к разрывным нарушениям. В результате происходили поверхностные морфогенетические изменения, выразившиеся в быстром отвердении изливавшейся гелеподобной массы, способствовавшей не только появлению грядовых неровностей, но и их росту и в целом образованию грядово-ложбинного рельефа. Высота гряд увеличивалась как при отжатии крыльев трещин, так и при продолжающемся излиянии киселеподобной массы, которая попадая на дневную поверхность, быстро отвердевала, и тем самым происходило наращивание высоты гряд. Это сопровождалось уменьшением первоначальной мощности нижней части морских отложений в пределах ложбин. Таким образом, возникшее сейсмическое событие способствовало существенным преобразованиям толщи морских отложений и очень значительным морфогенетическим процессам, результатом которых явилось формирование грядово-ложбинного рельефа. Ложбины между грядами оказались заполненными потоковыми образованиями.

Со следующим сейсмическим событием связывается возникновение мощной протяженной зоны трещинообразования. По результатам изучения современного сейсмического трещинообразования [Лукьянов, 1956] (Lukjanov, 1956), возникшая зона могла состоять из серии кулисообразных, относительно коротких трещин, образующих единую протяженную систему. В нашем случае эта система имела субмеридиональное направление, находилась в западной латеральной части Волжско-Ахтубинской депрессии и почти полностью совпадала с ее направленностью.

Возникновение протяженной зоны трещинообразования в приповерхностной части земной коры в данном районе позволяет объяснить излияние фрагментов подземных плывунов на прилежащую дневную поверхность того времени. Эти плывуны, попадая в район грядово-ложбинного рельефа, приобретали потоковый тип, и главным результатом их аккумулятивной деятельности становилось заполнение отрицательных форм рельефа.

По результатам проведенных исследований, отложения, заполняющие ложбины, могут быть отнесены к высокоплотностным алевритовым потоковым образованиям, которые прослеживаются на значительном расстоянии в разрезах «цоколя» Черноярско-Соленозаймищенского разреза. Подобная генетическая интерпретация была обусловлена, как отмечалось, наличием в геологическом строении данной толщи структурно-выраженных руслоподобных фрагментов наземных потоковых образований, сложенных уплотненными глинистыми алевритами. Более того, распространение древних потоковых образований в межгрядовых ложбинах на расстояние не менее двух десятков километров позволяет полагать, что их возникновение могло быть связано с крупным сейсмическим событием (рис. 3, 9).

Связь описываемых потоковых образований с субаэральной обстановкой подтверждается обнаружением почти современных аналогичных проявлений в данном районе, а также находками как единичных костей, так и их скоплений, принадлежащих крупным млекопитающим. Последнее было обнаружено сотрудниками Астраханского музея-заповедника (АМЗ) (сообщение М.В. Головачева).

Вопрос о нахождении раковин моллюсков даже в потоковых отложениях, по нашему мнению, положительно может быть решен лишь при допущении формирования изливавшегося плывуна за счет как бакинских, так и раннехазарских морских отложений. Однако пока неясно, происходят ли собранные раковины из ложбинных отложений, поскольку подобное строение толщи предложено здесь впервые. Более того, часть исследователей, активно и очень продуктивно работающих в этом

районе в настоящее время, относят эти отложения к озерным образованиям сингильского этапа.

Что касается аргументации аллювиально-озерного генезиса рассматриваемых отложений, то в публикации [Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov et al., 2018) она отсутствует. Данное мнение, как мы считаем, навеяно «гипнозом» нахождения в непосредственной близости современного русла одной из проток р. Волги. Однако, как показано ранее, унаследованное возникновение долины этой реки произошло намного позже, в самом начале голоцена. Вопрос о находках костных остатков млекопитающих будет рассмотрен позже. Здесь же уместно отметить очень большую работу, проводимую сотрудниками Астраханского музея-заповедника по сбору и коллекционированию костного материала не только в приповерхностной зоне отложений «цоколя», но и на глубине до 1 м. Нами наблюдался торчащий рог оленя вблизи уреза воды, но подобраться к нему было невозможно. Необходимо отметить, что исследованиям по обоснованию возраста выделяемых стратиграфических подразделений очень помогают сборы палеонтологического материала сотрудниками Астраханского музея-заповедника. В музее постоянно обновляются экспозиции, пополняются архивные материалы, сотрудники участвуют в различных экспедициях, публикуют научные работы, делают доклады на региональных и всероссийских конференциях.

Различные представления о генезисе рассматриваемых отложений, по нашему мнению, в значительной степени могут быть объяснены временем проведения полевых исследований. Как правило, полевые работы проводились в летнее время (в том числе первоначально и авторами настоящей работы), когда большая часть «цоколя» (толщи алевритов) находилась под водой, благодаря высокому уровню воды в Волге в это время. В результате исследователи чаще всего могли наблюдать только поверхностную часть толщи алевритов, действительно в ряде мест очень похожих, например, на озерные или даже морские отложения. В последнее время мы специально проводили исследования в начале октября при более низком уровне Волги. В это время в строении подмытого уступа «цоколя» можно было наблюдать несколько разновидностей разного грязевых потоков и толщу морских отложений.

Необходимо отметить, что комплекс потоковых образований, представленных глинистыми алевритами, был выделен нами впервые в основании северной части широко известного разреза Соленое Займище. Эти образования рассматриваются нами в качестве грязевулканических потоковых излияний из трещин или из переполненных пульпой сальзовых кратеров. Основанием для отнесения данных образований к потоковому типу, как говорилось выше, послужила форма их залегания в виде русел или канав, заполненных глинистыми алевритами с хорошо выраженной облекающей текстурой. Уместно напомнить, что современные проявления грязевого вулканизма отмечаются в Северном Прикаспии, но обычно они приурочены к приповерхностным солевым структурам. Так, грязевые вулканы описаны вблизи оз. Эльтон, где морфологически представлены невысокими сопками (до 10–15 м) и сальзами. В пределах рассматриваемого района подобные формы могли первоначально представлять собой также воронки взрывов, которые были заполнены «кипящей» разжиженной глинисто-алевритовой пульпой киселеобразной или даже гелеобразной консистенции. При повышении давления в подземной гидросфере «кипящая» масса плывуна превышала уровень бортов воронок-кратеров и в виде грязевых потоков растекалась по прилежащей дневной поверхности в соответствии с ее уклонами. Но среди проявлений грязевого вулканизма в данном районе мы отдаем предпочтение трещинным излияниям разного типа: от коротких трещин длиною, видимо, всего в несколько метров до системы трещин протяженностью до десятков километров. Важно отметить, что в данном районе были обнаружены проявления современных процессов грязево-вулканической деятельности, которые рассматриваются нами как излияния, близкие к трещинному типу, хотя при этом в некоторых случаях не исключается наличие потоковых образований сальзового типа. Учитывая различные размеры формы потоковых образований в поперечном сечении, наличие у них хорошо выраженных «срезов», можно предположить, что они обладали определенной эрозионной способностью. Структуры именно такого потокового типа образуют целый горизонт мощностью около 7–10 м в разрезе «цоколя».

Межгрядовые ложбины заполнены потоковыми образованиями двух типов, различающихся по размерам и слагающих два яруса. Фрагменты потоковых русел нижнего яруса заполняют большую часть межгрядовых ложбин. Ширина канавообразных проток данного типа достигает 6 м. Глубина вреза составляла 1–2 м. Этот тип проток заполнен алевритом с четко выраженным бурым оттенком и, что важно, развитой текстурой облекания. Мощность слойков алеврита, «зажатых» между плоскостями облекания, в данной системе палеорусел составляет всего 4–5 см. Верхний ярус ложбин заполнен фрагментами палеорусел, ширина которых составляет 3–4 м (иногда меньше), а глубина вреза не превышает 1 м. В при-

кровельной части отложений данного типа проток обычно имеются пятна ярко бурого цвета. Исходя из указанных размеров, протоки обоих типов имели достаточно уплощенный поперечный профиль, что позволяет говорить о незначительном проявлении глубинной эрозии. Важной особенностью отложений в потоковых образованиях, по нашему мнению, является их повышенная плотность, что не характерно для четвертичных и более древних палеоморских и озерных отложений данного района, существенно не преобразованных последующими процессами. Таким образом, отмеченная форма залегания данных отложений, их повышенная плотность, хорошо развитая облекающая текстура, наличие подобных образований на современной части бечевника, а также нахождение в некоторых из них костей крупных млекопитающих послужили основой для отнесения их к конгинентальным образованиям грязевых потоков высокоплотностного типа. Важно также отметить, что морфологическая роль этих отложений сводилась главным образом к заполнению межгрядовых ложбин и, соответственно, к выравниванию грядово-ложбинного рельефа. В целом из приведенного материала следует, что уже **в начальной стадии** формирования наземной четвертичной толщи, в которой участвуют отложения различного генезиса, происходило образование покровов. При этом значимую роль играли изливавшиеся на дневную поверхность фрагменты подземных плывунов., являющиеся по своей сути грязевулканическими образованиями.

Еще одной необычной особенностью строения потоковых отложений, заполняющих межгрядовые ложбины, является «срез» контактирующих друг с другом русел, заполненных осадками. По нашему мнению, это связано со спецификой процесса седиментогенеза грязевых потоков, которая состоит в периодическом возникновении «пломбирующих пробок», способствующих закупорке высокоплотностных алевритовых потоков на некоторых участках проток. Возникшая преграда способствовала поднятию уровня пульпы и возникновению перелива через возникшую преграду продолжающего прибывать материала, что приводило к образованию нового участка русла. Новый врез мог возникать на разном удалении от ранее существовавшего русла потока, в том числе и поблизости, что и отразилось в строении разреза в виде так называемых «срезов». Одна из причин подобной неустойчивости положения русел алевритовых потоков может быть связана с выходом подземного плывуна из высокобарической среды в совершенно иную барическую обстановку дневной поверхности, что иногда вызывает процессы закупорки русел при неравномерном проявлении процессов дегазации и обезвоживания в толще движущихся алевритов. Впервые подобная идея была высказана исследователями сопочных грязевых вулканов в Азербайджане при изучении динамики движения грязево-вулканических потоков [Дурмишьян, Халилов, 1972] (Durmishyan, Khalilov, 1972), а позже дополнена В.Н. Холодовым [2002] (Kholodov, 2002). Мы считаем, что значительную роль в возникновении рассматриваемого процесса играет предполагаемая неравномерность распределения водно-газовых включений в грязевом потоке.

Как отмечалось выше, отложения в межгрядовых ложбинах, образованные руслами потоков разного размера, имеют еще одну особенность – двуярусное (может быть, даже трехъярусное) строение. При этом в нижней большей части рассматриваемой толщи ширина русел заметно больше (на несколько метров), по сравнению с руслами в верхнем ярусе. Возникновение подобных различий могло быть связано с изменениями в интенсивности проявления сейсмических процессов, что, возможно, повлияло на активность излияний. Наличие резкой границы между ярусами, которая фиксируется по резкой смене размеров проток, может отражать разные стадии развития сейсмического процесса. В нижней части разреза межгрядовых ложбин иногда встречается тип отложений, как бы заполняющих потоковые отложения и выстилающих всю межгрядовую ложбину, но генезис этих отложений пока требует дальнейшего изучения. Процесс осадконакопления в обоих упомянутых случаях сводился к обезвоживанию осадка и выпадению из движения первого снизу слоя. Под воздействием движущейся вышерасположенной толщи происходило дальнейшее обезвоживание и уплотнение этого слоя и, по существу, превращение его в готовый вновь возникший фрагмент рассматриваемых отложений. В дальнейшем новая часть движущегося потока, контактируя с поверхностью выпавшего из движения первого слоя, постепенно обезвоживалась и также выпадала из движения. Такое последовательное выпадение из движущегося нижнего яруса потока более медленно транспортируемого материала, сопровождающегося последовательным выпадением из транспортировки зажатого между плоскостями скольжения материала, является одной из основ понимания механизма движения и осадконакопления рассматриваемого типа грязевых потоков алевритового состава. Остается лишь добавить, что плоскости скольжения обычно имеют изогнутый поперечный профиль, соответствующий внешнему контуру продолжающей свое движение вышерасположенной части потока, что объясняет формирование текстуры облекающего типа, фиксируемой в разрезах.

В связи с изложенным процессом осадконакопления в алевритовых потоках, возникает вопрос о направленности движения отжимаемой воды. По нашим представлениям, отжим воды происходит не только по направлению падения склона палеорельефа, но и в верхнюю часть толщи. Признаки подобной направленности процесса хорошо выражены в верхней системе палеорусел межгрядовой ложбины, особенно в их центральных прикровельных частях. В разрезах потоковых отложений в данном месте в алевритах появляются пятна ярко-бурого цвета, напоминающие линзоподобные включения с зубчатыми латеральными частями, мощность которых не превышает 0,2–0,25 м. Как показали наши наблюдения, размеры «латеральных зубцов» увеличиваются в направлении снизу вверх. Как установили В.В. Петрова и Т.А. Садчикова, ярко выраженное изменение окраски отложений в этой части разреза обусловлено концентрацией микроконкреций оксидов Fe и Mn. Естественно, появление подобных концентраций оксидов и, главное, их сохранность в отложениях данной части разреза могли происходить только в заключительную фазу формирования рассматриваемых образований в условиях большей их обводненности. Последняя могла возникнуть за счет отжима и миграции пленочной воды, обогащение которой оксидами железа и марганца произошло в процессе седиментогенеза. Массовая сохранность и приуроченность микроконкреций только к прикровельной части верхней системы потоковых образований была обусловлена тем, что процесс их концентрации происходил в заключительную фазу осадконакопления, что связано с еще одной особенностью рассматриваемого типа седиментогенеза. Эта особенность состоит в первоначальном выпадении из движения перегруженных наносами латеральных частей потока и отжиме воды в центральную часть, продолжающую свое движение. Отсутствие бурых оксидов в прикровельной части отложений нижерасположенных палеорусел можно объяснить иным составом пленочной воды, т.е. малым содержанием оксидов или очень быстрым прекращением движения. Если это действительно так, то, может быть, имеется еще и третья особенность седиментогенеза рассматриваемого типа потоков, связанная с возможностью моментального высокоскоростного исчезновения их кинематики, т.е. их обездвиживания.

Наконец, очень кратко рассмотрим упоминавшуюся систему современных русел алевритовых потоков, которая была обнаружена у северной окраины разреза Соленое Займище. Она представляет интерес по двум обстоятельствам. Первое из них связано с чрезвычайной молодостью (почти современной или даже современной) данной системы, поскольку русла грязевых потоков возникли в зоне формирования современного руслового аллювия р. Волги и частично прорезают эти образования. Это позволяет говорить о том, что высказанные выше положения о формировании отложений «цоколя» имеют реальную основу своего обоснования. Действительно, русла грязевых потоков были обнаружены вблизи южного окончания участка высокой поймы Волги на поверхности прируслового бечевника волжской протоки., а также несколько десятков метров южнее Ширина этих русел не превышала 1,5 м. В сделанном раскопе одного из русел было видно, что оно частично прорезает современные русловые отложения Волги на глубину около 1,0 м. В толще, заполняющих его глинистых алевритов, была видна хорошо выраженная облекающая текстура. Однако наиболее выразительным примером современного проявления излияний пульпы, из захороненных трещин является возникшая буквально в последние годы небольшая лопасть алевритового потока, обнаруженная нами в 2018 г. Эта лопасть (рис. 9) расположена на плоскости верхнего контакта цоколя, перекрытого в данном месте более молодыми отложениями, слагающими северную часть разреза Соленое Займище. Но наиболее выразительным примером современного излияния пульпы из перекрытых склоновыми образованиями трещин, является возникшая буквально в последние годы небольшая лопасть алевритового потока, обнаруженная нами в 2018 г. Эта лопасть (рис. 9) расположена на плоскости верхнего контакта цоколя, перекрытого в данном месте более молодыми отложениями, слагающими северную часть разреза Соленое Займище. Наши попытки найти в зоне контакта поверхности цоколя с вышележащими отложениями какие-нибудь признаки вытекания пульпы пока не обнаружены. В этом же плане представляет интерес участок склона Волжско-Ахтубинской депрессии непосредственно севернее пос. Соленое Займище. Одной из морфологических особенностей данного склона является наличие нескольких прямолинейных оврагов, хорошо дешифрируемых на космических снимках. Вершины этих оврагов находятся примерно на одном гипсометрическом уровне. При этом какие-либо признаки наличия водосборных бассейнов отсутствуют. Возникновение данных оврагов нами связывается с первоначальным прохождением мощных алевритовых потоков, связанных с излияниями пульпы тоннельного типа, « крыша « у которых обвалилась. В результате было сочтено возможным выделить два типа тоннельных излияний. Первый из них это распластанный маломощный покров пульпы по поверхности контакта цоколя, который пре-

Рис. 9. Современное тоннельного типа потоковое образование алевритового состава возникшее на поверхности цоколя.

Fig. 9. Tunnel type stream modern formation of aleurite composition that has arisen on the surface of the basement.

вращается в «алевритовый поток» по выходе на дневную поверхность в соответствии с существующими неровностями дневной поверхности. Видимо, к этому типу могут быть отнесены все современные потоковые образования, обнаруженные нами на северной окраине разреза Соленое Займище. Второй концентрированный выход пульпы, в виде первоначально возникшего потока, формировавшего овраги тоннельного типа. Изложенное позволяет сделать важный вывод о том, что (1) **даже в современный относительно спокойный -тектонический режим происходят незначительные трещинные излияния пульпы в пределах западной зоны трещинообразования в Чернярско-Соленозамищенсом районе Волжсо-Ахтубинской депрессии. (2) Оживление излияний могло происходить в этапы активизации соляной тектоники. (3) Даже при оживлении соляно-тектонической активности может сохраняться пространственное прерывистое проявление процессов излияний.**

Необходимо упомянуть о еще одном интересном моменте: о значительной концентрации костей млекопитающих в средненеоплейстоценовых потоковых алевритах. Концентрация костных остатков указывает на скопление в данном месте значительного количества животных. По нашему мнению, животных привлекала потоковая пульпа, которая по составу являлась необходимой минеральной добавкой к рациону их питания, особенно в весеннее время. Ранее подобная связь близких по составу образований с костными остатками животных верхнепалеолитического комплекса описывалась нами в районе Среднего Дона. Вопрос о гибели животных в пределах рассматриваемого участка Низового Поволжья целесообразнее рассмотреть ниже.

Завершая изложение общих закономерностей строения отложений, относимых к грязевым потокам, необходимо признать, что они были связаны в основном с трещинными излияниями. Морфологических признаков других типов излияния, например сопочных грязево-вулканических извержений, нами на данной стадии исследований пока не обнаружено. Однако на космических снимках трещинных излияний грязево-вулканических потоков иногда можно распознать «насаженные»

на трещину вулканы сопочного типа (рис. 10). В изучаемом районе конусы сопочного типа над трещинами могли существовать в тех местах, где создатели геологического профиля Волгоград–Астрахань изображали локальные «узлы» повышенной мощности сингильских («озерных») образований [Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov et al., 2018). Не исключено, что линза «перемятых илов» в виде «крупных глыб и складок» [Москвитин, 1962, с. 129, 130, рис.59] (Moskvitin, 1962) может представлять также фрагмент конуса.

Что касается потоковых излияний сальзового типа, то они также могли иметь локальное проявление. В этом отношении стоит обратить внимание на две морфологически выраженные «впадины», расположенные на правобережной прибрежной части русла основной протоки Волги.

Первая из них расположена в районе устья первого оврага на срезанной эрозией Волги сниженной поверхности «цоколя». В плане западина имеет правильную круглую форму и залита волжской водой. Ее диаметр составляет около 20–25 м. В северной части западины, сложенной толщей темно-серых алевритов с выраженной текстурой горизонтальной наслоенности, был обнаружен задир алевритовых слоев «цоколя», что отразилось в падении слоев на север под углом 10–15° градусов. Форма впадины и, главное, задир слоев послужили для нас основанием рассматривать данную форму в качестве очень молодой, почти современной воронки, не имеющей какого-либо отношения к эрозионным процессам.

Вторая необычная форма в этом же районе с одной стороны ограничена тыловым швом пой-

Рис. 10. Линейное расположение сопочных вулканов, что позволяет думать об их «насаженности» на существующую трещину в приповерхностной части земной коры (фото из работы В. Епифанова [2018])

Fig. 10. The linear arrangement of mud volcanoes cones, which makes suggestion about their «superimposition» on an existing in the near-surface earth rift (photo by V. Epifanov, 2018).

мы р. Волги, а с другой руслом судоходной протоки этой реки. Протяженность пойменной террасы вдоль русла прилежащей протоки составляет несколько сотен метров. Необычность данного фрагмента связана с плавными, сегментного типа очертаниями тылового шва поймы. Надо полагать, что непосредственно под толщей аллювия малой мощности залегают отложения, представленные глинистым алевритом. Нами данный участок правобережья, занятый поймой, рассматривается в качестве сохранившегося фрагмента крупной кальдеры, которая была перекрыта русловыми отложениями Волги, как голоценовыми, так и современными. При этом грязевые потоки, частично прорезающие толщу современного руслового аллювия Волги, изливались, как нами предполагается, из трещин в пробке подводящего канала южной части этой кальдеры или из трещин на склоне.. Таким образом, участок возникшей здесь поймы разместился на фрагменте существовавшей здесь ранее огромной сальзы (может быть, даже сальзового бассейна). По нашему мнению, приведенные примеры позволяют говорить о практически современной активности высокобарической флюидодинамики в данном районе. Эта активность способствовала излиянию грязевой пульпы в виде потоковых образований, которые «прорезали» практически современные русловые отложения Волги, т.е. речь идет о продолжающемся фактически современном процессе излияния пульпы, как мы полагаем, по ослабленным зонам или возникшим трещинам в запломбированной пробке древней кальдеры. Мы допускаем, что вторым элементом данного процесса явилось формирование на поверхности отложений «цоколя», на участке его прилежания к пойме, пластинчатой корки гипса. Результаты изотопных исследований, проведенных В.Н. Кулешовым, позволили предположить, что формирование гипсовой корки было связано с излиянием водной массы, соленость которой могла достигать 34‰. Это указывает на то, что в данном месте могло происходить излияние не только пульпы, но и надсолевых вод. По имеющимся наблюдениям, последовательность излияний была разобщена во времени. Первоначально происходило излияние пульпы, а затем, после незначительного перерыва, надсолевых вод.

Приведенные материалы о современных грязево-вулканических процессах позволяют сделать некоторые комментарии относительно возраста уже упомянутых потоковых образований, выстилающих межгрядовые ложбины в цоколе. Как известно, в них встречаются кости плейстоценовых животных, принадлежащих разным фаунистическим комплексам. Отсюда возникает вполне понятное желание у предыдущих исследователей либо объединить эти находки в единый фаунистический комплекс, либо объявить, в частности, хазарский комплекс невалидным. Выявленные в настоящей работе возможные излияния пульпы даже в относительно стабильном, спокойном современном режиме соляной тектоники ставят перед исследователями новую трудную задачу, связанную с необходимостью создания детальной стратиграфической схемы грязево-вулканических отложений в межгрядовых ложбинах, обоснованной не только фауной крупных млекопитающих, но и использованием других методов. Подобный подход позволил бы восстановить временную последовательность активных проявлений не только соляной тектоники, но внести значительный вклад не в создание «помоечных фаунистических комплексов», в разработку детальной современной стратиграфии уникального Черноярско-Соленозаймищенского разреза, из отложений которого известны костные остатки крупных млекопитающих, по крайней мере, пяти фаунистических комплексов. Подобных разрезов нигде пока не известно.

Вещественный состав как морских, так и потоковых глинистых алевритов изучали Т.А. Садчикова и В.В. Петрова. При изучении шлифов морских темно-серых алевритов была установлена однородность их гранулометрического состава и карбонатность, а также обнаружены отчетливо различимые участки в виде пятен кальцитового цемента. Среди терригенных алевритовых зерен преобладает кварц, реже плагиоклаз кислого состава, имеются редкие пластинки биотита, микроконкреции Fe-Mn оксидов, обломки кристаллического кальцита (возможно, раковинный детрит), а из акцессориев присутствуют циркон, турмалин, апатит. Анализ порошковых дифрактограмм показал преобладание кварца (4,260; 3,345; 2,458 Å и др.) и кальцита (3,033; 2,495; 2,281 Å и др.), с примесью полевых шпатов, доломита, а в глинистой фракции (< 0,001 мм) доминирует смешанослойный тонкодисперсный иллит-смектит, присутствуют хлорит, слюда, возможны следы каолинита. Имеется также примесь кальцита и полевых шпатов.

В потоковых образованиях, сложенных глинистым алевритом ярко бурого цвета (в верхней системе палеорусел), было установлено, как отмечалось, обилие железо-марганцевых микроконкреций (часто в виде различного типа скоплений), что и обуславливало возникновение столь необычной окраски. По результатам анализа порошковых дифрактограмм установлен преимущественно кварцевый состав осадков. В глинистой фракции преобладает смешанослойный тонкодисперсный иллит-смектит, присутствуют слюда, хлорит, сле-

ды каолинита, а также примесь полевых шпатов. На порошковой дифрактограмме, помимо кварца, имеются рефлексы кальцита (3,030; 2,840; 2,492; 2,282; 2,090 Å) и карбонатного минерала с Fe-Mn замещением катиона Ca (3,006; 2,8404 2,473; 2,266; 2,077 Å).

В таблице 1 представлены результаты спектрохимического анализа проб из северной части разреза Соленые Займище. Глинистые алевриты, выстилающие фрагменты потоковых русел, представлены образцами 4, 4а, 5-18, 6-18.

Необходимо подчеркнуть, что по своему химическому составу ожелезненные алевриты имеют значительные отличия. Для них было установлено высокое содержание Fe_2O_3 (от 15,3 до 17,3 вес. %), сочетающееся с высоким и очень высоким содержанием SO_3 (12,7 и 33,7 вес. %) (см. табл. 1). Но, что особенно важно, в них отсутствует силикатный глинистый цемент. Его место занимает относительно редкий сульфат железа карфосидерит $Fe_4(OH)_{10}SO_4\ H_2O$. Не исключено, что в данном случае образование сульфата железа было связано с участием фрагментов аксарайского газоконденсатного горизонта в процессах высокобарической флюидодинамики.

Анализ химического и минерального состава глинистых алевритов свидетельствует об их насыщении сероводородом. Это способствовало в подземной гидросфере в области высокого давления проявлению сульфидной минерализации. Излияние пульпы глинисто-алевритового состава на дневную поверхность (в принципиально иной барической обстановке) сопровождалось дегазацией и преобразованием сульфидов в сульфаты.

В природных условиях железо и марганец обычно переносятся совместно, но при благоприятных обстоятельствах железо осаждается ближе к истоку, а марганец в некотором удалении от него. Присутствие обильных железо-марганцевых микроконкреций в иллит-смектитовых потоковых алевритах может быть обусловлено, как отмечалось, спецификой процесса седиментации. В отношении загазованности плывуна сероводородом следует напомнить, что в районе Аксарая разрабатывается газоконденсатное месторождение, в составе которого установлено значительное количество сероводорода (состав газокондесатного горизонта, в %: H_2S – 25, CO_2 – 15, CH_4 – 40 [Кузмин, 1977] (Kuzmin, 1977)).

Учитывая вышесказанное, выскажем соображения о причине гибели крупных животных, значительные скопления костных остатков которых иногда обнаруживаются в приповерхностных частях отложений «цоколя» (рис. 11). Выше отмечалось, что животных в данное место привлекала возможность получения минеральной добавки к обычной пище. Однако в нижних слоях атмосферы в связи с процессом дегазации пульпы иногда увеличивалось содержание сероводорода, что могло вызывать отравление и гибель животных. Не исключено, что дополнительным источником сероводорода могли служить ~~также~~ выходы газо-водных струй, также обогащенных сероводородом. Таким образом, появляется возможность объяснить нахождение в районе расположения системы русел алевритовых потоков почти полных скелетов крупных животных (по сообщению М.В. Головачева)

В заключение отметим основные положения генезиса отложений «цоколя». Среди них выделяются морские отложения и континентальные потоковые образования глинисто-алевритового состава. Последние рассматриваются нами в качестве пульпы грязево-вулканических излияний трещинного типа. Потоковый тип пульпы был предопределен двумя факторами: грядово-ложбинным рельефом и снижающейся и меняющейся интенсивностью излияний трещинного типа поступающих на дневную поверхность фрагментов высокобарической флюидодинамики. Воздействие сейсмических ударов на нижнюю еще увлажненную часть и верхнюю отвердевшую часть толщи морских отложений проявилось по-разному. В верхней части под действием ударов происходило возникновение субпараллельных открытых трещин, разрушивших ее на отдельные узкие блоки. Воздействие сейсмических процессов на нижнюю часть сопровождалось разрушением уже возникших в толще алевритов связей между алевритовыми частицами, а также микрокапсул пленочной воды, что вызвало разжижение толщи алевритов и преобразование ее под действием продолжающихся ударов в плывун, возможно, киселеподобной консистенции. Возникшее под действием сейсмики повышенное давление в толще плывуна способствовало выдавливанию фрагментов плывуна в открытые трещины, образованные в верхней части толщи морских отложений, на дневную поверхность. Фрагмент плывуна, попавший в совершенно другую барическую обстановку, быстро обезвоживался и отвердевал непосредственно вблизи трещины. В конечном итоге на осушенной поверхности морского дна, прилегающей к трещине, происходило образование небольшой положительной неровности. При продолжающемся сейсмическом воздействии происходил рост неровности, которая быстро превращалась в полноценную гряду. Необходимо отметить, что в увеличение высоты возникавшей неровности определенный вклад вносил также процесс отгиба крыльев трещины. Таким образом представляется схема возникновения грядово-ложбинного рельефа. В ходе этого процесса происходило как

Таблица 1. Результаты химического анализа отложений потоковых образований цоколя и аллювия хазарского времени (разрез – северная окраина Соленое Займище)

№ пробы	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	п.п.п	Сумма	S	CO_2	F	Cl	SO_3-пересчет
1	57,29	0,83	15,05	6,04	0,11	4,17	2,75	0,80	2,4	0,13	11,06	100,62	0,063	3,24	0,061	<0,01	0,16
2	63,30	0,79	14,73	5,13	0,041	2,26	2,65	0,94	2,0	0,12	8,05	100,05	0,026	1,85	0,056	0,015	0,064
3	44,71	0,33	5,78	2,26	2,1	22,22	1,19	0,81	1,34	0,18	18,84	99,78	0,085	17,85	0,31	<0,01	0,21
4	66,57	0,10	1,62	**15,30**	0,027	0,37	0,060	1,98	0,40	**0,39**	12,41	99,23	**5,1**	0,29	0,027	<0,01	**12,7**
4-а	30,90	0,067	1,57	**17,31**	0,042	**14,40**	0,093	0,36	0,23	**0,30**	14,87	80,15	**13,5**	0,20	0,026	<0,01	**33,7**
5/18	53,51	0,70	13,50	2,75	0,17	4,99	2,91	1,00	2,07	**0,38**	12,42	99,50	0,059	5,07	–	–	–
6/18	65,07	0,70	12,26	1,04	0,11	2,64	3,22	1,07	1,97	0,14	8,06	99,63	0,099	2,07	–	–	–
№ пробы		Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br				
1		0,0016	0,014	0,012	0,0022	0,0081	0,0041	0,0094	0,0017	0,0001	<0,0003	<0,0001	<0,0003				
2		0,0016	0,012	0,013	0,0016	0,0067	0,0041	0,0079	0,0014	<0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0003				
3		0,0010	0,0037	0,018	<0,0002	0,0022	0,0006	0,0022	0,0003	<0,0001	0,0008	<0,0001	<0,0003				
4		0,0013	0,0005	0,033	0,0023	0,0009	0,0013	0,0013	0,0006	0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0003				
4-а		0,0016	0,0028	0,019	0,0009	<0,0002	0,0006	0,0008	<0,0002	0,0001	**0,0094**	<0,0001	<0,0003				
5/18		0,0022	0,0126	0,0107	0,0015	0,0071	0,0041	0,0076	0,0016	–	0,0011	–	–				
6/18		0,0014	0,0101	0,0148	0,0016	0,0067	0,0030	0,0060	0,0011	–	0,0011	-	–				
№ пробы		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	I	Cs	Ba	Pb	Th	U				
1		0,0096	0,018	0,0028	0,020	0,0013	0,0002	<0,0005	<0,0005	0,045	0,0022	0,0011	0,0003				
2		0,0076	0,017	0,0030	0,028	0,0012	0,0002	<0,0005	<0,0005	0,044	0,0014	0,0007	<0,0002				
3		0,0023	0,018	0,0021	0,027	0,0004	0,0002	<0,0005	<0,0005	0,027	0,0010	0,0002	<0,0002				
4		0,0009	**0,024**	0,0009	**0,0084**	<0,0002	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,026	0,0005	<0,0002	<0,0002				
4-а		0,0006	**0,026**	0,0009	**0,0061**	<0,0002	0,0004	<0,0005	<0,0005	0,022	0,0005	<0,0002	<0,0002				
5/18		0,0085	0,021	0,0028	0,020	0,0012	<0,0002	–	–	0,0390	0,0018	0,0008	0,0004				
6/18		0,0064	0,019	0,0025	0,0328	0,0011	<0,0002	–	–	0,0459	0,0017	0,0007	<0,0002				

Примечание: обр.1 и 2 отложения руслового аллювия палеореки Черноярка; обр.3 – карблнатная конкреция из зоны контакта Черноярского аллювия с отложениями цоколя; обр.4, 4-а, 5/18, 6/18 взяты из толщ потоковых образований выстланных глинистым алевритом. Обр. 4 и 4-а взяты из центральных приповерхностной части потоковых структур-интесивно ожелезненных; обр. 5/18 и 6/18 взяты из латеральных частей потоковых структур, при этом обр.4-а – из толщи отложений потоковогй структуры,прилегающей к контакту с аппювием.

Рис. 11. Скопление костей фрагмента скелета Mammuthus trogonterii cf. chasaricus на поверхности так называемого цоколя (АМЗ КП48423/1-90, Черный Яр, фото 2 июля 1996 г.). Фото из архива Астраханского музея-заповедника. Предоставлено М.В. Головачевым.

Fig. 11. Bons accumulation of a fragment of the skeleton of *Mammuthus trogonterii cf. chasaricus* on the surface of the so-called basement (AMZ KP48423/1-90, Cherny Yar, photo July 2, 1996). Photo from the archive of the Astrakhan Museum – Natural Reserve. Courtesy of M.V. Golovachev.

формирование принципиально нового геоморфологического ландшафта, так и очень значительные преобразования первичного строения толщи морских отложений.

Основным фактором образования глинисто-алевритовых и песчано-зерновых плывунов в рассматриваемом районе считается высокобарическая флюидодинамика. Как показано в публикации [Холодов, 2004] (Kholodov, 2004), возникновению сверхвысоких давлений в подземной гидросфере Прикаспия способствовали активная соляная тектоника, наличие мощных артезианских бассейнов, процессы преобразования глинистых минералов, а также газонефтяные месторождения. Излиянию подземных плывунов на дневную поверхность способствовали многочисленные соляные штоки, активизация которых сопровождалась возникновением трещинных разрывных нарушений в приповерхностной части земной коры, некоторые типы процессов гравитационной тектоники, возможное проявление крупных сейсмических событий, а также взрывные воронки. (Не исключается также достаточно ограниченная деятельность сопочных грязевых вулканов.) Все перечисленное приводило к возникновению различного типа нарушений в приповерхностной бронирующей покрышке, перекрывающей область сверхвысоких давлений подземной флюидодинамики. По этим нарушениям происходили излияния плывунов глинисто-алевритового или песчано-зернового состава на дневную поверхность в виде грязевых потоков. Выход на дневную поверхность (в область низкого давления) высокоплотностных плывунов глинистого состава нередко сопровождался «запечатыванием» подводящего активно действующего канала с образованием кальдеры. С более обводненной массой глинистых плывунов связано образование гравитационных алевритовых потоков. При движении подобных потоков по уклону дневной поверхности происходило их врезание в рыхлые отложения, сопровождавшееся обезвоживанием и превращением полужидкой глинистой массы в готовые отложения, представленные уплотненным глинистым алевритом. В поперечном профиле этих образований четко проявляется ка-

навообразная форма руслового типа, заполненная алевритом с текстурой облекающего типа.

5.2. Отложения подножий бэровских гряд-бугров протрузионно-грязево-вулканического типа с кратерами-трещинами на вершинах

Используя в нашей работе необычный термин «гряды-бугры», мы отдаем дань уважения первому исследователю этих образований (К. Бэру), назвавшему эти формы рельефа буграми, и многим другим ученым, которые изучали эти образования и назвали их бэровскими буграми. Было предложено около 10 вариантов их происхождения. На самом деле, во многих случаях эти формы рельефа являются грядами различной протяженности. Длина некоторых гряд достигает 20 км. К. Бэр [1856] (Baer, 1856) проводил исследования на одной из гряд целой системы подобных форм рельефа в дельте Волги (она изображена в публикации [Лаврушин и др., 2019, рис. 22]). Район исследования К. Бэра расположен всего в 13–14 км северо-западнее от нашего района исследований этой же системы (карьер бывшего кирпичного завода в пос. Икрянное). Это явилось основанием для использования в настоящей работе для одной и той же формы рельефа трех терминов: бэровские бугры, гряды и гряды-бугры.

В публикации [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019) было выделено несколько типов бэровских бугров. Бэровские бугры, которые нами рассматриваются в настоящем разделе, были впервые выделены как протрузионный тип. Кратко напомним основные особенности морфологии данного типа бугров. Это наиболее высокие (относительная высота до 20 м) и короткие гряды протяженностью до 1–1,5 км, распространенные в пределах значительного участка дельты Волги (рис. 12). Они располагаются в виде виртуальных цепочек в пределах крупного «отторженца», являющегося крупным фрагментом молодого гравитационного покрова [Лаврушин и др., 2019, рис. 19] (Lavrushin et al., 2019). Наибольший интерес для нас представляют отложения, слагающие нижнюю часть склонов и подножия бугров и не изучавшиеся в упомянутой публикации. Наш интерес к подошвенным частям бугров обусловлен тем, что именно к этим участкам была приурочена повышенная аккумуляция материала, а вдоль подножия гряды явно прослеживается изменчивость его состава. Важно также напомнить, что формирование данного типа бугров происходило в результате заполнения отложениями подземного плывуна уже существовавших в блоке покрова открытых полостей трещинного типа (рис. 13). Кинемато-динамические процессы, возникавшие в ходе скольжения крупного блока покрова, могли оказывать разрушительное воздействие на «покрышку», перекрывавшую турбулентную подземную гидросферу. В ходе движения блока в

Рис. 12. Фото крупного бэровского бугра – гряды в районе пос. Сергиевки в пределах дельты Волги. Предоставлено Д.С. Застрожновым.

Fig. 12. Photo of a large Baer knolls – the ridge in the Sergievka village area within the Volga River delta. Courtesy of D.S. Zastrozhnov.

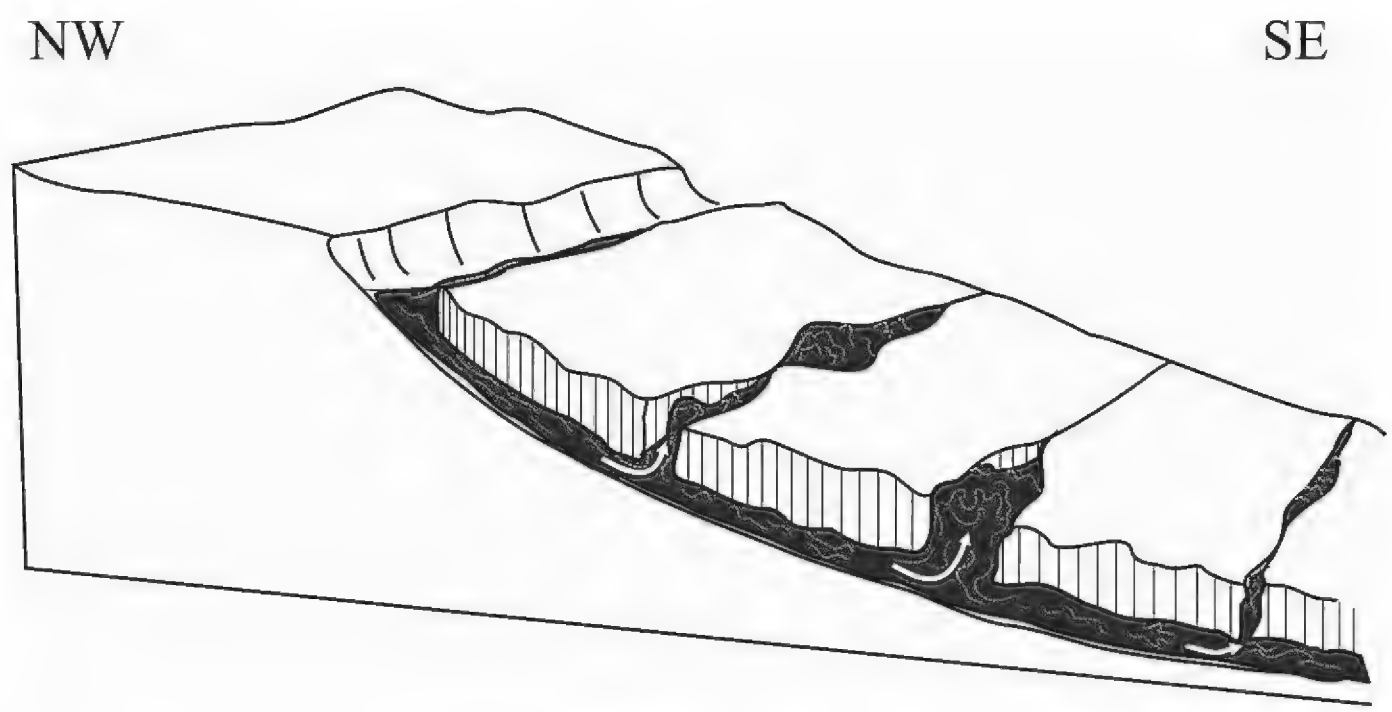


Рис. 13. Заполнение открытых полостей в крупном блоке гравитационного покрова в ходе проявления кинематических и протрузионных процессов «соскользнувшего» в пределы современной дельты Волги.

Fig. 13. Open cavities filling in a large block of the slip sheet during the kinematic and protrusion processes «slipped» into the modern Volga River delta.

нем возникали напряжения «сжатия-растяжения», следствием которых явилось возникновение в нем как сомкнутых трещины, так и локально распространенных открытых полостей. Другим следствием движения блока покрова явилось значительное нарушение «покрышки», бронировавшей область проявления высокобарической динамики подземной гидросферы. Остановка блока покрова приводила местами к перекрытию сомкнутых трещин, возникших в упомянутой покрышке. А потенциальный прорыв покрышки возможен был только на тех участках блока, где имелись открытые полости. Поскольку полости имели «пунктирное» распространение, то и возникавшие бэровские бугры также имели аналогичное размещение (рис. 14). Форма полости определяла первичное протрузионное заполнение трещины, которое ограничивалось стенками полости и, таким образом, создавался «фундамент» будущей гряды. По нашим представлениям, формирование склонов гряд было обусловлено возросшим давлением подземного плывуна на блок, ограниченный раздвигом крыльев трещины, и процессом его выдавливания. При этом существовавший канал подтока пульпы в процессе выдавливания блока наращивался за счет подтока отложений подземного плывуна. По нашему мнению, высота гряды и количество выдавливаемой пульпы контролировались барическим состоянием подземного плывуна в его приповерхностной части. При подобном подходе становится понятен «елочкоподобный тип» механизма роста гряд и формирования их склонов. Но данный механизм возможен лишь при достаточно однородном составе пульпы. При изменении ее состава, например, при увеличении ее водности и смены глинисто-алевритового состава на преимущественно песчаный, происходил совершенно другой тип излияния. В подобных случаях происходило усиление вытекания пульпы, при этом на склонах осадки накапливались в виде незначительной пачки отложений, имеющих наслоенность, субпараллельную уклону склона, а в нижней части склона особенно на переходе к подошве гряды происходило повышенное осадконакопление. Все изложенное позволило нам дополнить механизм формирования бугров протрузионного типа не менее важной составной частью – грязевулканической деятельностью, накопление отложений которой происходило в нижней части склона и в пределах подошвы подножия гряд.

Процесс выдавливания мог осуществляться только до определенного уровня, который контролировался барическим состоянием флюидов вблизи нарушения трещинного типа. По нашим представлениям, дальнейшее увеличение высоты гряд и формирование склонов могло происходить в основном за счет излияния пульпы, быстро прекращавшей свое движение из-за процессов обезвоживания и дегазации, возникавших при попадании пульпы в совершенно иную барическую обстановку. Главная роль в формировании гряд типа бэровских бугров отводится протрузионным и грязево-вулканическим процессам. Все это позволяет отнести эти бугры к протрузионно-грязевовулканическому типу пунктирного распространения. Последнее добавление связано с подобным распространением полостей трещинного типа на поверхности отторжеца, что хорошо дешифрируется на космическом снимке (рис. 5).

Для отложений нижней части склонов и подножия данного типа гряд были установлены

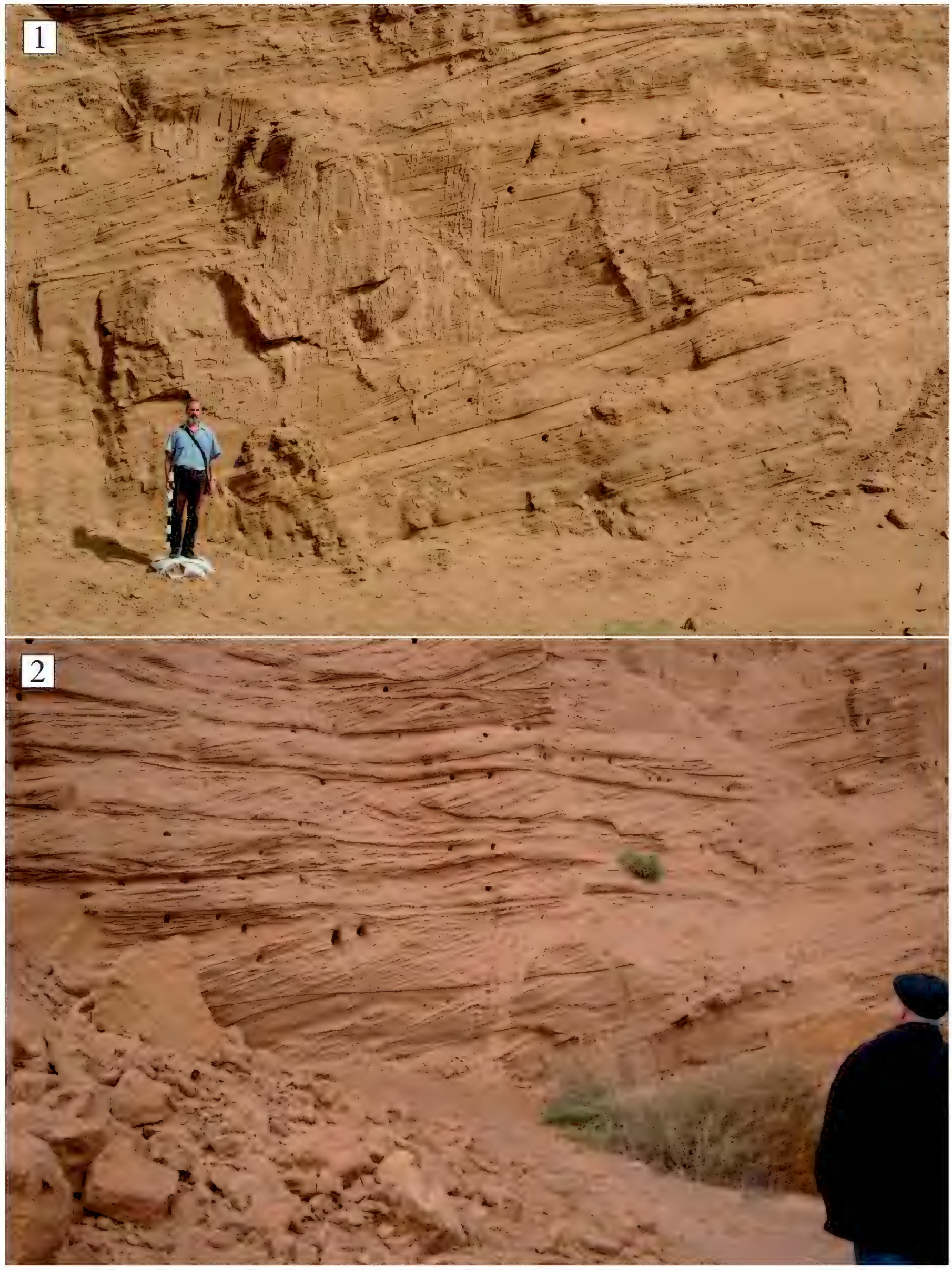


Рис. 14. Общий вид толщи отложений, слагающих нижнюю часть склона бугра-гряды

1 – фрагмент толщи отложений склоновых образований бэровского бугра-гряды; 2 – отложения линзовидно-наслоенной толщи в пределах нижней части склона.

Fig. 14. General view of the sediment stratum composing the lower part of the slope of the knoll-ridge

1 – fragment of the sediment deposit of the slope formations of the Baer knoll-ridge; 2 – deposits of lens layered strata within the lower part of the slope.

значительные мощности и седиментационно-моноклинальное залегание. Несмотря на залегание отложений под углами в 10–15° в соответствии с углами наклона нижней части склонов гряд и их подножий, мощность этих отложений может превышать 8–10 м. Подобные мощности отложений при относительно кратковременном излиянии пульпы могут рассматриваться как показатели лавинного типа осадконакопления. Помимо значительных мощностей отложений необходимо отметить изменчивость их состава как по простиранию гряд, так и по вертикали. Это позволяет говорить о значительной изменчивости состава изливающейся пульпы, что может быть связано с несколькими причинами. Важнейшей из них, как нам представляется, является изменчивость геологического строения отложений на уровне расположения очага вулкана, а также его меняющееся расположение.

Далее нами приводятся конкретные примеры строения отложений подножий бэровских бугров в заброшенных карьерах в окрестностях Кирпичного завода № 1 южнее Астрахани. В этом районе имеется серия разрезов подножий гряд, которые сохранились в старых карьерах. Мы ограничились только тем разрезами, которые важны для выяснения особенностей процессов осадконакопления и интерпретации генезиса более древних образований в изученных разрезах.

По нашим наблюдениям, в нижней части склонов и подножий гряд имеются мощные толщи (не менее 8–10 м) песков, алевритов или толщ, образованных линзовидным переслаиванием песков и алевритов.

Рассмотрим толщи, образованные песчаными отложениями (рис. 14,1; 14,2). В толще песков мощностью до 8 м, слагающих нижнюю часть склона гряды, устанавливается хорошо выраженное линзовидное строение. При этом часто наблюдаются «срезы» одних линз другими. Ширина линз может достигать 3–4 м, а максимальная высота не превышает 0,5 м. В верхней части разреза заметно уменьшение размеров линз. Внутри линз, особенно в латеральных частях, хорошо выражена косая слоистость. Слойки, образующие косую слоистость в направлении к их центральным частям, постепенно изгибаются и образуют горизонтальную слоистость, субпараллельную плоскости уплощенного днища линзы. В верхней части данной толщи в меньших по размерам линзах, которые оказались не срезанными другими линзами, в сохранившихся в обоих латеральных частях имелись косые слойки взаимной направленности (рис. 15,1). Возникает вопрос о механизме образования подобного линзовидного строения толщи и слоистости. Накопление значительной по мощности толщи линзовидно-наслоенного песка, слагающего нижнюю часть гряд, связано с излияниями пульпы в пульсирующем режиме; состав пульпы был представлен главным образом обводненными разнозернистыми песками с примесью мелкозернистых и алевритовой размерности частиц. Таким образом, учитывая трещинный тип кратера, можно допустить, что первоначально пульпа представляла собой песчано-зерновой грязевой покров-плащ, который на поверхности склона, при продолжающемся излиянии пульпы, приобретал потоковую структуру и становился грязевым потоком. В процессе течения потока по склону значительного уклона в его верхней части (свободной от трения) возникало внутреннее течение гусеничного типа, которое увеличивало плотность и высоту фронтальной части потока. Это способствовало усилению эрозионной деятельности потока, захвату с ложа потока нового материала, увеличению плотности потока в его нижней части. В конечном итоге это приводило к выпадению из транспортировки порции несомого материала в виде прослоя из нижней части потока наносов. При этом давление со стороны продолжающих двигаться вышерасположенных частей потока наносов приводило к обезвоживанию и уплотнению выпавшего из транспортировки прослоя. Таким же образом происходило выпадение из транспортировки следующих прослоев материала. При данном процессе между выпавшими из движения прослоями оставались четко выраженные границы, фиксирующие положение поверхностей остановки транспортировки материала. В нижних частях разрезов рассматриваемых линз часто можно видеть горизонтально расположенные линейного типа текстуры, субпараллельные их днищу (рис. 15,2). Нами эти текстуры относятся к типу текстур наслоения, отражающих возникновение фазы приостановки процесса кинематики и одновременной интенсификации динамического воздействия.

Выделенные текстуры наслоения ближе к латеральным частям грязевых потоков начинают полого подниматься к бортам потока, а непосредственно в бортовой части потока образуется рисунок, который воспринимается как косая слоистость. На самом деле этот рисунок текстур только имитирует косую слоистость, являясь элементом текстур облекающего типа, которые, как отмечалось выше, отражают последовательную приостановку проявления кинематического процесса.

В морфологии рассматриваемых гряд толща линзовидно-наслоенных песчано-зерновых отложений расположена в нижней части склона гряд, к которой приурочено значительное уменьшение уклона в связи с переходом к подошве гряды.

Рис. 15. Текстуры в отложениях фации уплощенных потоков пульпы, часто срезающих друг друга на нижней части выполаживающего склона бэровского бугра

1 – облекающая текстура в линзах; имитация косой слоистости в бортовых частях грунтовых потоков; 2 – тип текстуры в центральных частях грунтовых потоков. Возникновение текстур обусловлено процессом внутренней пульсации потока изливающейся пульпы.

Fig. 15. Textures in sediments of the facies of flattened pulp flows, often cutting off each other on the lower part of the flattening slope of the Baer knoll

1 – draping texture in the lenses; imitation of crossbedding in the side parts of flows; 2 – type of texture in the central parts of flows. The appearance of textures is due to the process of internal pulsation of the outflowing pulp.

Непосредственно на склоне гряды седиментационный процесс, благодаря существующим значительным уклонам, особенно при повышенной интенсивности излияний, ограничивался лишь уплотнением ранее выпавшего песчаного прослоя, формируя плоскость «скольжения» потока наносов, которая в текстурном плане интерпретируется как плоскость наслоенности.

Не исключено, что в зоне повышенного осадконакопления в нижней части склона гряды могут быть и другие типы отложений, обусловленные различиями в содержании водной составляющей в изливающейся пульпе.

В пределах внутренней части подошвы гряды были выделены горизонтально-тонконаслоенные алевриты, переслаивающиеся с более тонкими прослоями мелкозернистых песков. Данная зона осадконакопления характеризуется редким проникновением в ее пределы линзовидных включений отложений песчано-зерновых потоковых образований (рис. 16,1). Формирование отложений подошвы гряды, представленных в основном толщей тонкослоистых алевритов лишь с незначительным участием мелкопесчаного материала (рис. 16,2), связывается нами с процессом отжима воды, обогащенной алевритовыми частицами, из отложений песчано-зерновых потоков.

Следующим контрастным типом отложений, слагающих подножия гряд, являются толщи коричневато-серых алевритов (рис. 17). Как видно из рисунка, в толще алевритов имеется отчетливо выраженная особенность – субпараллельные плоскости, придающие толще пластовую структуру. Мощность пластов при этом достигает порядка 25–30 см. Какой-либо внутренней текстуры внутри пластов выделить не удалось, что позволило сделать вывод о совершенно однородном гранулометрическом составе материала, слагающего отмеченные пласты. Не исключено, что консистенция пульпы в рассматриваемом случае была близкой к пастообразному типу. Такая качественная оценка консистенции пульпы основывается на наличии в разрезе достаточно мощной толщи алевритов, не расплывшейся по наклонной поверхности подошвы бугра, а также на отсутствии в основании пластов заметных проявлений кинематики. Подобная структура пульпы возникла уже в готовом виде в подводящем канале кратера и не подвергалась значительным изменениям в процессе осадконакопления на подошве склона гряды.

Подводя итоги, необходимо отметить несколько важных моментов. (1) В процессе излияния пульпы на дневную поверхность склона происходило формирование локального комплекса отложений склонового типа, что было связано с пространственным ограничением распространения пульпы. (2) Поток наносов, возникший на склоне, формировался за счет совершенно чужеродных, нередко разновозрастных образований, продуцированных процессами формирования подземной флюидодинамики. Типичная наслоенность склоновых отложений в средней части склона гряды представлена в разрезе в виде субпараллельной текстуры, совпадающей с уклоном склона. При определенном ракурсе или срезе толщи она может даже напоминать слоистость дельтового типа. Подобные затруднения возникают в районах активной антропогенной деятельности, когда от существовавшего бугра осталась только подошва срытой гряды. (3) Расчленение вновь возникшего покрова на склонах на межслоевые пачки плоскостями среза, возможно, отражает проявление сейсмических процессов. Среди плоскостей среза выделяется два типа: плоскости среза, сопровождающиеся компонентой сдвига, и плоскости среза без проявления латеральных смещений.

Наконец, необходимо отметить наличие в разрезах подножий бугров двух типов отложений. Один из них представляет собой толщу хорошо промытых песков, в которых содержатся тонкие прослои коричневого алеврита толщиной до 5 мм. При этом толщина песчаных прослоев варьирует от 2–3 см до 10–15 см. В матриксе песчаных прослоев содержится значительная примесь алеврита. Нередко в алевритовых прослоях можно наблюдать признаки процесса будинажа, выраженные в разрывах алевритовых слойков, что придает их распространению пунктирный характер. Второй тип отложений – это наслоенная толща алевритов. Приведенное строение отложений подножия бугров напоминает строение зон надвигов и могло быть связано не с излияниями пульпы, а с движением данного блока покрова и отражало процесс ассимиляции подстилающих отложений. В этом плане демонстрируемые снимки отражают преобразование прибрежных песчано-алевритовых отложений и алевритовых толщ морского залива. При этом наличие алевритовых частиц в песчаных прослоях, возможно, связано с повышенным волновым воздействием.

5.3. Отложения подножий сопочных вулканов

В разделе 2 на примере сопочного вулкана в Светлом Яру говорилось об особом щебенчатом типе отложений, слагающих склон сопки и ее подножие, который мог быть обусловлен проявлениями взрывного типа извержений. Кроме того, были выделены отложения фации рулетов, что позволяет реконструировать существовавшую надстройку сопочного типа.

В настоящем разделе речь пойдет о грязевых вулканах, существовавших вдоль окраинных ча-

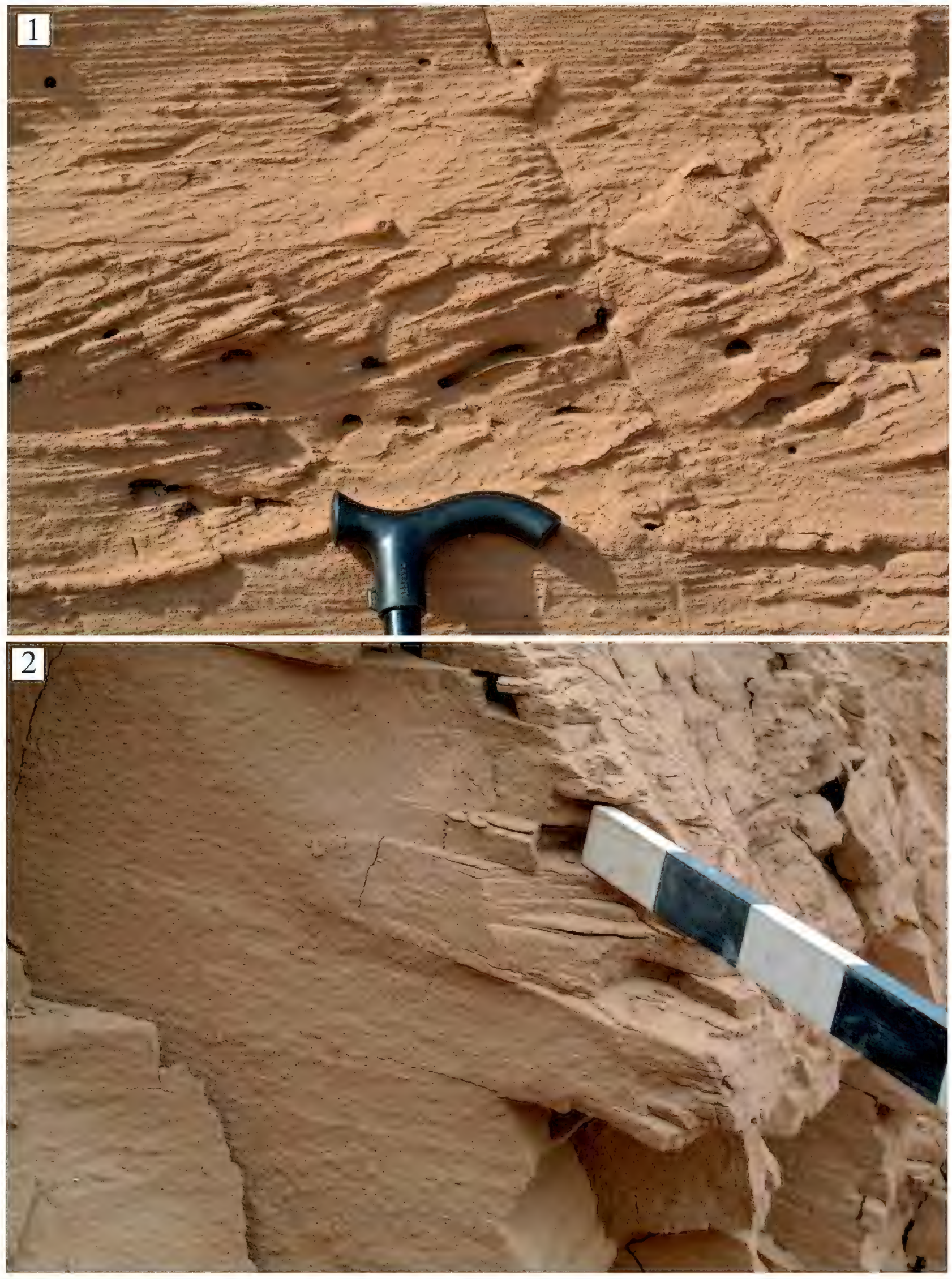


Рис. 16. Текстуры в отложениях подошвы бэровского бугра

1 – Фрагмент линзы с текстурой имитации косой слоистости в толще отложений подошвы гряды вблизи контакта с нижней частью склона бугра; 2 – Текстура тонкой расслоенности в отложениях подошвы бугра – отложения фации ската плоских плащевидных водных потоков, возникавших в процессе обезвоживания отложений вышерасположенной нижней части склона бугра.

Fig. 16. Textures in the sediments of the bottom of the Baer knol

1 – A lens fragment with the texture of imitation of crossbedding in the thickness of the sediments of the bottom of the ridge near the contact with the lower part of the slope of the knoll; 2 – The texture of thin layering in the deposits of the bottom of the knoll deposits of the slope facies of flat mantle-like water flows, that made in the process of dehydration of the sediments of the upper lower part of the knoll slope.

Рис. 17. Толща отложений подошвы и нижней части склона гряды, представленная пластами песка и алеврита, переслаивающихся без видимых индикаторов проявления кинемато-динамических процессов.

Fig. 17. A stratum of sediments of the base and lower part of the slope of the ridge, represented by layers of sand and aleurite, interbedded without visible indicators of kinematic and dynamic processes.

стей и упоминавшихся как бассейн питания гравитационного потока и позднее возникшего подпрудного водоема. В бассейне питания накопление громадной массы пульпы происходило за счет грязево-вулканической деятельности сальзового типа излияний. При этом процесс наполнения бассейна питания материалом излияний и поднятие уровня грязевой массы происходили до тех пор, пока не начинался ее перелив через порог, который существовал вблизи пос. Каменный Яр. Как мы полагаем, этот порог при спуске подпрудного бассейна и позднее при формировании новой долины Волги был размыт. Но не исключено, что восточная часть пос. Каменный Яр, которая несколько снижена по сравнению с центральной, может являться фрагментом первоначально существовавшей «плотины». По нашим представлениям, плотина могла быть образована излияниями грязевых вулканов сопочного типа, один из которых находился в центральной части нынешнего поселка.

Ниже кратко остановимся на отложениях грязевых вулканов сопочного типа. Данные об их современном распространении в районе наших исследований очень ограниченны. По существу, они исчерпываются окрестностями оз. Эльтон. Что касается материалов по палеоизвержениям этих вулканов, то на них обращается внимание впервые в настоящей статье.

Перед изучавшими эти образования предыдущими исследователями были поставлены задачи сбора образцов для датирования ОСЛ-методом. При этом генезис отложений при этих исследованиях не рассматривался, хотя использование метода ОСЛ-датирования осуществляется по Протоколу, в котором изложено множество методических ограничений его применения, имеющих отношение как раз к генезису отложений. В результате полученные и опубликованные датировки приводят к противоречивым выводам и вызывают множество вопросов, в том числе о неправомерности использования данного метода при современном уровне его развития в районе, где широко развиты, по крайней мере в наземном покрове четвертичных отложений, значительные фрагменты излияний подземных плывунов, нередко представленных дочетвертичными отложениями, преобразованными в подземной газоводной среде, генезис которых не всегда распознается. Выше

указывалось, что на северном и южном берегах существовавшего подпрудного бассейна были, по нашему мнению, сопочные грязевые вулканы. Морфологически от них, вследствие антропогенной деятельности, каких-либо морфологических признаков практически не осталось. Тем не менее, при анализе космических снимков в центральных частях поселков Светлый Яр и Каменный Яр «проявляются теневые корни», округлые в плане, которые, как мы считаем, могут быть приняты за сохранившееся основание сопок грязевого вулкана. При изучении разреза Райгород в толще отложений поверх раннехвалынских шоколадных глин были описаны отложения фации рулетов. Центральная часть рулетов образована свежей остроугольной щебенкой, состоящей из темно-серого уплотненного алеврита, захваченной, скорее всего, со склона вулкана или его подножия и являвшейся продуктом извержения. Внешняя часть рулета состояла из песчано-алевритового материала, заимствованного, возможно, из отложений регрессивной фации раннехвалынского моря (рис. 6). Первоначально эти рулеты мы ошибочно связывали со сходом оползневого блока со склона Ергеней [Лаврушин и др., 2019] (Lavrushin et al., 2019), но дополнительный анализ материала позволил установить их связь со сходом рулетов со склона грязевого вулкана, существовавшего в непосредственной близости. Уместно отметить, что отложения характерной фации рулетов известны, например, на склонах и подножиях грязевых вулканов Таврического полуострова, где к этим образованиям приурочены костные остатки животных тираспольского фаунистического комплекса млекопитающих. Важно также отметить, что толщи пульпы алевритового и супесчано-суглинистого состава на склонах и подножиях современных сопочных грязевых вулканов нередко оказываются «рассечены» узкими клиновидными структура. В исследованном районе подобного типа клиновидные структуры некоторыми исследователями интерпретируется как следствие проявления морозобойного трещинообразования, что предполагает распространение многолетнемерзлых пород (рис. 18). Однако предположение о проявлении такого важного палеоклиматического события без приведения надежной аргументации вряд ли заслуживает обсуждения. Следует напомнить, что

Рис. 18. Тонкие клиновидные структуры, расчленяющую погребенную почву, возникшую на пульпе, сложенной супесчано-суглинистыми отложениями в разрезе Средняя Ахтуба

Фото А.И. Москвитина [1962] сделано во время полевых исследований 1957–1958 гг. в разрезе Средняя Ахтуба. Зарисовка воспроизвена по фотографии А. И. Москвитина, публикованной в 1962 г. по результатам исследований 1957–1958 гг.

Fig. 18. Thin wedge-shaped structures that dismember the buried soil formed on the pulp, composed of sandy loam deposits in the Srednyaya Akhtuba River area

Photo by A.I. Moskvitin [1962] made during field research 1957–1958 in the section Srednyaya Akhtuba. The sketch was reproduced after Moskvitin photograph (1962) based on research results in 1957–1958.

развитие трещиноватости полигонального типа и образование клиновидных структур в толще покрова излившейся пульпы в некоторых районах распространения грязевых вулканов оказывается достаточно распространенным явлением, как это можно видеть на приводимом снимке из района распространения грязевых вулканов на Бакинском полуострове (рис. 19). В этом случае исследователи считают, что трещинообразование было связано с процессом усыхания и почти моментальным обезвоживанием пульпы. При этом важно отметить, что возникающие клиновидные структуры и заполняющий их материал не имеют характерных признаков, установленных для жильных льдов и псевдоморфоз по ледяным жилам.

На северном побережье существовавшего подпрудного бассейна в отложениях, которые рассматриваются нами в качестве пульпы, излившейся из кратеров сопочных грязевых вулканов, также имеются **узкие** клиновидные структуры (рис. 18). Эти структуры интерпретируются как геоиндикаторы проявления палеомерзлотных процессов [Москвитин, 1962; Янина и др., 2017; Ткач и др., 2017; Макеев др., 2017] (Moskvitin, 1962; Tkach et al., 2017; Janina et al., 2017; Makeev et al., 2017). По нашему мнению, в этом районе узкие клиновидные структуры в толщах темно-серых или коричневых суглинков, часть из которых нами относится к излившейся пульпе, могут даже рассматриваться как один из локальных индикаторов грязевулканической пульпы. Важно при этом отметить, что клиновидные структуры далеко не всегда являются частью полигональной решетки. На палеосклонах подобного типа в других районах Восточно-Европейской равнины подобного типа структуры нередко возникают при проявлении, как мы считаем, дифференцированного межслоевого гравитационного течения в покровах четвертичных отложений. В этом случае клиновидные структуры отражают возникновение в слое напряжений гравитационного течения, вызывающих в малокомпетентных слоях покрова внутрислоевые разрывы, являющиеся следствием разрядки возникших гравитационных напряжений. Соответственно, клиновидные структуры в этом случае могут рассматриваться как индикаторы проявлений возникшего внутрипокровного гравитационного течения. Подобные структуры также имеют

Рис. 19. Система трещин, возникшая на поверхности пульпы современного грязевого вулкана; Азербаджан, Бакинский п-ов. Воспроизводится из публикации В. Епифанова [2018].

Fig. 19. Cracks system on the surface of the pulp of a modern mud volcano; Azerbaijan, Baku Peninsula. Reproduced from publication by V. Epifanov (2018).

свои индивидуальные особенности, но связывать их возникновение с палеоклиматическими событиями мы считаем некорректным [Лаврушин и др., 2015] (Lavrushin et al., 2015).

Одной из важнейших особенностей строения отложений, связанных с излияниями пульпы сопочных грязевых вулканов, являются резкие границы, отделяющие отложения разного состава, что могло быть обусловлено как изменениями состава толщ, вовлекаемых в грязево-вулканический процесс в районе расположения очага вулкана, так и особенностями геологического строения. Например, пульпа вулкана в разрезе Райгород представлена двумя разными по составу типами: (1) глинистым темно-серым алевритом, представленным остроугольной щебенкой, (2) песчаными образованиями, отнесенными нами условно к близкой по составу андреевской свите.

На северном побережье подпрудного бассейна в ряде разрезов, в которых, по нашим представлениям, вскрыты отложения грязево-вулканического вулкана, описываются пачки различных по своему составу отложений: суглинков, супесей, лессовидных образований и даже лессов, с привязкой к некоторым местным стратиграфическим подразделениям, но без привязки к локальным палеоклиматическим событиям. В результате производится корреляция полученных ОСЛ-методом датировок с некоторыми глобальными палеоклиматическими событиями северо-запада России. При этом каких-либо попыток разработать локальную историю палеоклиматических событий пока не производится. Наконец, следует упомянуть разрез № 194 вблизи верхнего по течению окончания разреза Средняя Ахтуба, в котором А.И. Москвитин [1962] (Moskvitin, 1962) выделил толщу ательско-ахтубинских отложений мощностью около 5 м., перекрывавших толщу супесчано-суглинистого состава с развитой в ней микулинской погребенной почвой. В этой толще была обнаружена целая система трещин. Ширина трещин в их верхней части составляла всего в 5 см, которая была отнесена также к морозобойным нарушениям. В районах распространения многолетнемерзлых пород подобного типа ледяные жилы существуют, но в ископаемом состоянии не сохраняются. В нашем случае возможность заполнения клиновидных структур отложениями вышерасположенного горизонта выглядит несколько фантастической. Если установлен полигональный рисунок на поверхности застывшей пульпы, то подобное трещинообразование может быть связано с обезвоживанием пульпы.

В заключение рассмотрим генетические типы и фации грязевулканических образований. На склонах сопок и их подножиях нами выделяются отложения взрывных выбросов сопочных вулканов, возникшие в процессе разрушения пробки в подводящем канале или кратере. Эти отложения представлены двумя фациями: (1) фацией взрывного выброса, представленной маломощной россыпью уплотненной остроугольной щебенки алеврита темно-серого цвета; (2) фацией рулетов. В нашем случае диаметр рулетов достигал 0,6–0,7 м. Большая центральная часть рулетов сложена той же остроугольной щебенкой темно-серого алеврита, а меньшая по мощности внешняя часть образована смесью слегка гумусированного песчано-алевритового материала. Мы предполагаем, что возникновение фации рулетов было связано с ударно-взрывными процессами на склонах, которые вызвали осыпание или сползание склоновых отложений. В ходе ~~процесса~~ сползания происходило некоторое коробление рыхлого щебенчатого покрова, которое выразилось в образовании на склоне валоподобных структур. Свежесть и остроугольность граней щебенки способствовала возникновению сцепления щебенчатого материала, а продолжающаяся ударно-взрывная деятельность вулкана могла привести к разрушению валоподобных образований на отдельные фрагменты и их скатыванию в виде рулетов вниз по склону на поверхность прилежащего подножия вулкана. При движении по поверхности подножия происходило образование внешней оболочки рулета алеврито-песчаного состава.

Среди отложений грязевого вулканизма сопочного типа с относительно спокойным режимом излияния было выделено несколько литологических разновидностей, различающихся как по консистенции пульпы, так и по ее составу. Одна из разновидностей – отложения водно-песчаных излияний, представленные мощной толщей песчано-зернового состава. Консистенция изливавшейся пульпы могла быть близка к киселеподобному или гелеподобому типу и морфологически могла быть представлена как покровными, так и потоковыми образованиями. Литологически отложения данного типа могут быть представлены покровными толщами суглинков, супесей, алевритов. Выделяются также отложения, образованные преимущественно пульпой пастообразного состава, которая могла зародиться еще в подводящем канале. Обычно к ним относятся разнородные в гранулометрическом плане слои, например переслаивающиеся прослои алевритов и песков, без каких-либо четких внутренних проявлений кинемато-динамических процессов на контактах прослоев.

5.4. Краткие сведения об озерных отложениях

Озерные отложения в рассматриваемом районе нами изучались лишь в одном разрезе в южной

части берегового уступа Волжско-Ахтубинской депрессии, на котором находится пос. Копановка. Фрагмент данного разреза располагался в пределах верхней части бечевника, который в то время был подрезан боковой эрозией Волги. Интерес к данному разрезу был вызван наличием в толще озерных отложений значительного количества корневых остатков кустарничковой растительности, преобразованных в корневидные карбонатные стяжения. Подобного типа преобразования, скорее всего, были связаны с резким поступлением в водоем элизионных вод хлоркальциевого состава с высоким содержанием кальция. Поскольку в стяжениях были обнаружены углефицированные остатки древесины, допускается, что процесс карбонатозамещения происходил в среде, обогащенной CO_2. По тем же причинам можно говорить о первоначальном наличии на поверхности прибрежной части суши в непосредственной близости к водоему зарослей кустарников. Затем, как нами предполагается, произошло резкое поступление в водоем элизионных вод упомянутого состава, уровень водоема поднялся, прибрежная часть оказалась затопленной, что способствовало гибели кустарников и развитию процесса карбонатозамещения. Эти данные позволяют полагать, что при подземно-водном питании водоемов может происходить резкое изменение состава поступающей водной массы.

Предыдущие исследователи определяют возраст данных озерных отложений как хазарский, хотя обнаруженная в них фауна крупных млекопитающих не дает однозначного ответа на вопрос о времени их накопления.

5.5. Аллювиальные отложения локальных рек

Опубликованных материалов по локальным рекам рассматриваемой части аридной зоны очень немного. Это связано с чрезвычайно разреженной речной сетью, представленной небольшими реками-ручьями, вода в которых отличается разной степенью минерализации. Наиболее подробные данные по локальным речкам нам удалось почерпнуть из публикации Г.А. Васильева [1953] (Vasiliev, 1953), а также из энциклопедических изданий. Ниже приводятся только данные, представляющие наибольший интерес для настоящей статьи.

Как отмечает Г.А. Васильев, местные реки, впадающие в оз. Эльтон, имеют постоянный водоток (исследования проводились в 1948–1949 гг.) не на всем протяжении русел. Например, наиболее крупная река Хара имеет постоянный водоток лишь на участке 14,2 км от устья (хотя общая протяженность русла по опубликованным данным достигает 45 км), р. Сморогда – на участке 9 км от устья, а остальные 5 более мелких ручьев – на участке от 0,8 до 5 км от устья. При этом, как отмечает Г.В. Васильев, питание рек происходило (за исключением паводкового режима продолжительностью 5–15 дней) за счет подземных вод. Установлена также значительная минерализация речных вод при наличии индивидуальных различий. Содержание солей в водах различных рек изменяется от 7,85 до 26,18 г/л. Воды в речках бассейна оз. Эльтон по составу относятся к хлормагниевому, сульфатно-натриевому и хлоркальциевому типам минерализации (по классификации В.А. Сулина [1946] (Sulin, 1946)). Различие в типах минерализации вод объясняется неоднородностью состава вод апшеронского и хазарского водоносных горизонтов. Для хлоркальциевого типа была установлена максимальная минерализация вод. Воды речек в то время рассматривались как единственный источник накопления солей в оз. Эльтон. Позднее было показано, что непосредственно в днище озера имеются собственные подземные источники минерализации разного типа, способствующие формированию не только рапы (минерализация достигает 500 г/л), но также горизонта солей, под которым залегает слой лечебной минеральной сероводородной грязи. Несомненно, этому способствовало расположение озерной ванны во впадине между двумя соляными куполами. Что касается состава лечебной «сероводородной грязи», то, по нашему мнению, это, во-первых, может отражать ее связь с подземной литогазогидросферой, а во-вторых, обогащение сероводородом могло быть связано также с захватом его из известного газоконденсатного горизонта. Что касается современных речных русел малых локальных рек данного района, то для них установлена еще одна важная особенность: отсутствие проявлений меандрирования и наличие четко выраженной линейности. Это, возможно, связано с приуроченностью подземных источников питания рек к существующей трещиноватости в приповерхностной части земной коры. Изучение современного аллювия местных рек нами не проводилось.

Изучение аллювия хазарского времени в Черноярско-Соленозаймищенском разрезе показало, что существовали реки, питание которых осуществлялось подземными пресными водами, о чем свидетельствует фауна пресноводных моллюсков [Янина и др., 2010] (Janina et al., 2010). К образованиям подобного типа относится аллювий палеореки Чернявки, строение которого было изучено в разрезе северной оконечности обнажения Соленое Займище, а также известно по детально описанному разрезу Тихое Займище [Громов, 1934; Москвитин, 1962] (Gromov, 1934; Moskvitin, 1962).

В отличие от предыдущих исследователей, относивших данные отложения к аллювию Волги,

мы считаем, что эти образования принадлежат к русловому аллювию существовавшей здесь местной палеореки с условным названием Черноярка. Как отмечалось выше, р. Волга в то время протекала у подножия Южных Ергеней. В рассматриваемой части региона располагалась локальная река, питание которой осуществлялось восходящим потоком пресных вод подземной гидросферы. Кроме того, русло реки находилось в палеодолине, имевшей близкую к широтной направленность. Около южного борта палеодолины толща аллювия залегает на кровле отложений «цоколя», а вблизи северного борта аллювий (часть разреза Тихое Займище) залегает во врезе, рассекающем значительную часть цокольных образований. Подобное залегание аллювиальной толщи свидетельствует о более интенсивном течении р. Чернявки вблизи северного борта палеодолины.

Вблизи южного борта палеодолины толща аллювия имеет мощность около 4 м. Здесь на верхней площадке бечевника, возникшей в результате эрозионной деятельности современной протоки Волги во время половодья, сохранился фрагмент нижней части хазарского аллювия, представленный маломощной пачкой (до 0,8 м) слабо уплотненных разнозернистых песков. Эти пески окрашены преимущественно в светло-желтый цвет, но местами имеются пятна рыжевато-бурого цвета. В.В. Петрова и Т.А. Садчикова в образцах песков из участка интенсивного ожелезнения обнаружили в шлифах бурый железистый цемент и пятна аутигенного гипса. В минеральном составе песков преобладает кварц, плагиоклаз (кислого альбит-олигоклазового состава), эпидот, рудные минералы, а также биотит, хлорит и, что важно, глауконит. На рентгеновских дифрактограммах порошковых препаратов, изготовленных из вышеупомянутых образцов песков, пропитанных пойкилитовым железистым цементом рыжего цвета, был обнаружен сульфатный минерал натроярозит $(K, Na)Fe_3(OH)_6[SO_4]_2$. Важно отметить, что возникновение отмеченных локальных участков интенсивного ожелезнения и связанной с этим процессом цементацией могло быть обусловлено излияниями надсолевых вод по трещинам в пробке кальдеры, о чем говорилось выше.

В разрезе Тихое Займище мощность рассматриваемых аллювиальных отложений, представленных песками с диагональной слоистостью, составляет около 9 м [Громов, 1935] (Gromov, 1935). На рисунке из этой работы толща аллювиальных отложений расположена во врезе в отложениях «цоколя». На этом основании В.И. Громов считал, что между дохазарской и хазарской фаунами существовал значительный перерыв. Для нашей интерпретации возраста и генезиса рассматриваемых аллювиальных отложений важны несколько моментов. (1) Инситная находка в песках черепа трогонтериевого мамонта, которая позволяет датировать данный аллювий средним плейстоценом. (2) Наличие в песках линз буровато-коричневых глинистых окатышей, которые связаны с размывом цоколя, т.е. существовавшая река размывала толщу глинистых уплотненных алевритов цоколя. (3) Наличие в минеральном составе песков глауконита. Следует отметить, что в отложениях палеогена и неогена устанавливается почти постоянное значительное присутствие глауконита. По материалам бурения в окрестностях Черного Яра, кровля песков палеогена, обогащенных глауконитом, находится на отметках около минус 100–150 м. Четвертичные отложения, залегающие гипсометрически выше, представлены преимущественно акчагыльскими, апшеронскими, бакинскими глинистыми алевритами и раннехазарскими морскими преимущественно песчаными образованиями. В ходе высокотурбулентной флюидодинамики, которая была наиболее активной в начале раннехазарской трансгрессии, возникли мощные плывуны песчано-зернового состав за счет преобразования соответствующих отложений палеогенового возраста. Прорыв этих плывунов на поверхность дна данного бассейна мог служить одним из источников формирования преимущественно песчаного состава потока наносов донных отложений этого моря.

В этой связи уместно напомнить, что горизонт морских алевритовых отложений в основании «цоколя» и потоковые отложения, возможно, отражают резкое изменение глубины очага грязевулканической активности. В результате преобладающим источником донных наносов стали служить залегающие выше кайнозойские алевритовые отложения, поставлявшие глинистый и алевритовый материал при формировании отложений акчагыла, апшерона и баку. При этом не исключено, что позднехазарская трансгрессия, отложения которой представлены в основном песками, возможно, отражает новое оживление процессов турбулентной флюидодинамики в подземной гидросфере в области распространения песчаных образований палеогена. Поэтому допускается, что столь значительное изменение в составе донных наносов может служить одним из критериев оценки расположения и активности очага грязево-вулканической деятельности. Более того, это могло существенным образом сказаться на источнике поступления материала в потоки наносов морских отложений. Таким образом, в некоторых районах, подобных изучаемому, питание наносов и водной массы бассейнов могло осуществляться не только за счет приноса материала экзогенными процессами, но в

значительно мере за счет грязевулканической деятельности. т.е. преимущественно флюидальных процессов, свойственных для приповерхностной части земной коры в исследованном районе.

В заключение следует отметить, что в регрессивный этап между двумя хазарскими трансгрессиями происходили новые фазы активизации подземной гидросферы. С ними были связаны такие события, как образование наземных грязево-вулканических отложений покровного типа и последующее возникновение долины р. Чернявки и ее заполнение пластовыми покровными образованиями.

6. Фрагменты отложений подземных плывунов на дневной поверхности и их индикаторы в толщах покрова четвертичных образований

В настоящем разделе рассматриваются отложения, залегающие между отложениями подножия склона, лежащими на цоколе (см. раздел 5.5) и хвалынскими морскими отложениями. Их генезис предыдущими исследователями определялся по-разному. А.И. Москвитин [1962] (Moskvitin, 1962) относил их к морским, дельтовым, эстуарно-лиманным и аллювиальным отложениям. Основанием для подобного вывода послужили редкие находки в них раковин морских, солоноватоводных и пресноводных моллюсков. При этом среди раковин, извлеченных из одной пачки, могли присутствовать виды как экологически различных обстановок, так и разного возраста. Возраст отложений определялся по присутствию видов, характеризующих в подобных сборах наиболее молодые отложения. В результате возраст отложений был определен как раннехазарский. Определенная логика в подобном подходе была, поскольку морские образования так называемого цоколя относили в то время к бакинской трансгрессии (А.И. Москвитин проводил свои исследования в 1957–1958 гг.). Позднее Г.И. Попов [1973, 1967] (Popov, 1973, 1967), изучавший керн многочисленных скважин по профилю Волгоград–Астрахань, установил, что кровли бакинских и нижнехазарских отложений в районе Черного Яра находятся ниже меженного уровня Волги на глубине 20 и 14 м соответственно.

В последние годы была выдвинута гипотеза об аллювиально-озерном генезисе рассматриваемой толщи [Застрожнов и др., 2018]. В ее основу были положены результаты изучения керна новых скважин, материалы геолого-съемочных работ и данные собственных дополнительных исследований. В связи с этим следует упомянуть, что в понятие аллювиально-озерных образований были включены не только разновозрастные, но и генетически различные отложения.

Одной из базовых основ наших исследований явился учет специфики геологического строения территории, обусловленной проявлениями соляной тектоники с возникновением процессов высокобарической флюидодинамики, которые привели к образованию высокотурбулентных плывунов в подземной газолитогидросфере. В пределах ослабленных или нарушенных участков поверхностной части земной коры происходил прорыв на дневную поверхность фрагментов этих плывунов в виде излияний грязево-вулканической пульпы разного типа. При этом в ходе проведенных исследований значительное внимание было уделено сбору сравнительного материала по особенностям строения и проявления очень молодых грязево-вулканических образований разного типа, сформированных совсем недавно, например во второй половине голоцена или в крайнем случае в самом конце позднего неоплейстоцена, не затушеванных поствулканическими процессами и хорошо поддающихся расшифровке. Эти материалы явились одной из основ частичного распознавания генезиса отложений, слагающих Черноярско-Соленозаймищенский разрез. Подобный подход был обусловлен тем, что опубликованные наиболее детальные данные, да и наши первоначально собранные материалы не давали однозначного ответа на вопрос о генезисе рассматриваемых отложений. Наше изучение разреза Черный Яр оказалось не очень удачным, поскольку большая его часть была закрыта осыпями. Тем не менее анализ некоторых полученных нами данных, учет опубликованных материалов А.И. Москвитина [1962] (Moskvitin, 1962), а также сравнение строения так называемых аллювиальных образований разреза Черный Яр и одновозрастных образований IV надпойменной террасы р. Волги в пределах Среднего Поволжья [Лаврушин, 1976] (Lavrushin, 1976) позволили сделать вывод о том, что черноярские песчаные образования, залегающие поверх озерных отложений (см. раздел 5.5), не являются аллювием, тем более аллювием р. Волги. Ниже рассматриваются три части сводного Черноярско-Соленозаймищенский разреза, существенно различающие по строению: южная часть разреза Черный Яр, северная часть разреза Соленое Займище и часть разреза Тихое Займище.

6.1. Краткие сведения об особенностях строения южной части разреза Черный Яр, индикаторы подземного источника песчаных образований

В последние годы после проведения дополнительных исследований песчаные и алевритовые образования в рассматриваемом районе были выделены нами в качестве особого генетического

типа континентальных отложений, накопление которых было обусловлено мощными излияниями пульпы на дневную поверхность выполаживающего склона пульпы, преимущественно песчано-зерновой, близкой по составу к отложениям подножий протрузионно-грязевулканических гряд. Наличие морфологически выраженных гряд в данном районе пока не установлено. Но в этом случае необходимо учитывать существовавший палеорельеф и расположение на несколько метров гипсометрически выше по склону еще одной «полосы» трещиноватости, фиксирующей латеральную часть зарождающейся Волжско-Ахтубинской депрессии. Именно с этой полосой нами связываются происходившие несколько позднее мощные излияния пресных вод, питавших локальную палеореку Чернявку, и грязевулканические излияния пульпы, формировавшие выделенные нами пластовые горизонты в разрезе Тихое Займище. В прикровельной части разреза Черный Яр также имеются отложения пульпы, образованной супесчано-суглинистыми образованиями, которые ниже по разрезу сменяются мощной толщей песчано-зерновых отложений с текстурами, не позволяющими однозначно определить их генезис. Отнесение данных образований к отложениям пульпы, связанной с экстремальными излияниями зоны лавинного осадконакопления в нижней части выполаживающего склона, вполне обоснованно. Это объясняет находки в песках в одном местонахождении разновозрастной и экологически различной фауны моллюсков. В этом же плане становится очевидной парагенетическая связь данных образований с так называемой толщей илов, традиционно описываемых в качестве озерных отложений, с редким нахождением в них раковин пресноводных моллюсков [Москвитин, 1962] (Moskvitin, 1962). При предлагаемой генетической интерпретации формирование толщи илов может быть связано с процессом скатывания или лучше сказать сползающего тонкого плащеподобного грязево-алевритового покрова на слабо наклонную поверхность цоколя. В результате происходит., накопление толщи аналогичного или близкого к изображенному на рис. 15 и 16. Мощность данных отложений, деформированных диапирово-купольными структурами, может даже несколько превышать 10 м. Такая повышенная мощность илов, а также имеющаяся в них слоистость остается малообъяснимой, учитывая, отмечаемые геологами-съемщиками сравнительно небольшие размеры предполагаемых существовавших озерных водоемов.

Рассмотрим особенности строении Черноярского разреза. Толща преимущественно песчаных отложений, «зажатая» между подошвой хвалынских отложений и кровлей тонконаслоенных алевритов отложений в пределах южной части разреза Черный Яр, рассматривается нами в качестве фрагмента подземного плывуна, излившегося на дневную поверхность пологовыполаживающкго палеосклона. Для установления источника поступления материала были использованы как результаты личных наблюдений, так и опубликованные данные А.И. Москвитина [1962] (Moskvitin, 1962).

Как было показано выше, рассматриваемая песчаная толща, которая традиционно относилась и до настоящего времени относится многими исследователями к аллювиальным образованиям Волги, с нашей точки зрения, не принадлежит данному генетическому типу. Этот вывод обосновывается материалами, показывающими, что Волга и ее долина во время формирования песчаной толщи находились в другом районе, у подножия Южных Ергеней. Поэтому изучение толщ, вскрытых в разрезах правого борта Волжско-Ахтубинской депрессии, позволяет выяснить лишь определенный фрагмент доголоценовой геологической истории только данного участка Прикаспийской низменности.

Для ответа на вопрос об источнике изучаемой песчаной толщи необходимо обратить внимание на фауну моллюсков и минералогический состав отложений.

В отношении фауны моллшюсков прежде всего имеется в виду совместное залегание пресноводных и морских видов, а также обнаружение в одном местонахождении апшеронских, бакинских и раннехазарских раковин. К сожалению, каких-либо данных об особенностях расположения раковин в слое или слоях не имеется. Обычно возникновение подобных скоплений объясняется размывом соответствующих отложений. Однако в данном случае все вышеперечисленные толщи морских четвертичных отложений находятся ниже меженного уреза воды современных проток Волги.

По нашим представлениям, подобная концентрация своеобразной смеси раковин моллюсков могла быть обусловлена примерно одинаковыми размерами раковин и их близким удельным весом. В процессе проявления активной флюидодинамики при преобразовании отложений, первоначально содержащих раковины, в толще плывуна, находящегося в высокобарической обстановке, т.е. имевшего повышенную плотность, происходила концентрация примерно на одном уровне «плавающей» смеси раковин. Допустимо полагать, что при попадании фрагмента данного плывуна песчано-зернового состава на дневную поверхность в совершенно иную барическую обстановку могло происходить быстрое обезвожи-

вание пульпы. Это способствовало сохранению существовавшей смеси раковин и, соответственно, основы текстурного рисунка отложений, подвергнувшихся преобразованиям в высокобарической обстановке. В какой-то степени подобного типа текстуры можно наблюдать в отложениях так называемых «хвостов» отложений грязевых потоков горно-обогатительных предприятий. Эта текстура была названа нами «текстурой вареных спагетти» (рис. 20). Важно отметить, что установленные А.И. Москвитиным текстурные особенности песчаных толщ, не позволяют однозначно отнести их ни к речным, ни к морским или дельтовым отложениям. Для песчаных пачек отмечено наличие следующих текстур: косой, горизонтально-мелкоплойчатой и диагональной слоистости. Последняя была обнаружена в пачке мощностью около 0,2 м и протяженностью всего в несколько метров в одном из разрезов и рассматривалась даже в качестве индикатора якобы дельтового седиментогенеза. В структурном плане в толще выделены лишь декларируемые зубчатые фациальные переходы, а также деформации палеомерзлотного происхождения в виде клиновидных структур, мелких складок, мерзлотных «котлов или кудреватых» деформаций. Подобная увлеченность исследователя палеомерзлотными деформациями в свое время была вполне оправдана, поскольку в отечественном учении о четвертичном периоде это было на уровне открытия. Одним из основателей подобного направления исследований в нашей стране, особенно в области четвертичной палеогеографии и стратиграфии, несомненно был А.И. Москвитин. Тем не менее, возникновение многих из отмеченных деформаций логичнее связывать с постседиментационными процессами, проявившимися в ходе «роста» купольно-диапировых структур.

Кратко остановимся на еще одной особенности строения разреза. Как отмечалось, песчано-алевритовые толщи перекрыты толщей суглинисто-супесчаного состава, мощностью до 4 м, в которой выделяется несколько пачек, различающихся по своей внутренней структуре. В основании имеется пачка с хорошо выраженной комковатой структурой, выше – пачка с мелкопризматической отдельностью, а в кровле разреза залегает пачка суглинисто-супесчаных образований с развитой структурой мелкой крошки. По нашему мнению, данные отложения также должны рассматриваться в качестве пластовых образований пульпы трещинных излияний. Структурные различия, возможно, связаны с первоначально разной плотностью пульпы. Комковатая структура отложений может

Рис. 20. Текстура «вареных спагетти» (хвосты отстойника горно-обогатительного комбината).
Fig. 20. The texture of «boiled spaghetti» (mine refuse of the settling of a processing plant).

отражать грязево-потоковое течение пульпы, мелкая щебенка может быть связана с наиболее обезвоженной пульпой, а мелкая крошка – с гипергенными процессами. Мы полагаем, что излияние пульпы произошло в ходе одной из интенсивных стадий активизации соляной тектоники.

В заключение коснемся возраста отложений, залегающих в южной части разреза Черный Яр поверх цоколя. Этому вопросу уделяли внимание практически все исследователи четвертичного периода, работавшие в Северном Прикаспии [Православлев, 1927; Жуков, 1935; Гричук, 1953 и др.] (Pravoslavlev 1927; Zhukov, 1935; Grichuk, 1953), что было обусловлено находками фауны крупных млекопитающих и своеобразным комплексом раковин морских моллюсков. Но наиболее объемную работу по этому разрезу и району опубликовал А.И. Москвитин, в которой обобщил результаты своих исследований [Москвитин, 1962] (Moskvitin, 1962). В резюме автор отмечает, что по фауне моллюсков преимущественно песчаные отложения, залегающие выше так называемого «цоколя», относятся к нижнему хазару и представлены в генетическом плане аллювиальными, дельтовыми и морскими отложениями.

В публикации [Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov et al., 2018) рассматриваемые отложения датируются поздним хазаром, а так называемые отложения «цоколя» датируются не бакинским временем, как у А.И. Москвитина и ряда других исследователей, а сингильским. Ограничимся только приведенными стратиграфическими представлениями, поскольку для нас более важен генетический аспект этих отложений. Отметим лишь, что датирование поздним хазаром интересующих нас отложений, залегающих между хвалынью и сингилем, с нашей точки зрения, не корректно.

Вместе с тем, несмотря на некоторую «размытость» определения генетической природы отложений, в работах предыдущих исследователей содержатся чрезвычайно важные данные, которые мы использовали для выяснения источника песчаных отложений в разрезе Черный Яр. По нашему мнению, формирование толщи песчаных отложений в разрезе Черный Яр, а также некоторых других образований оказывается тесно связанным с подземным источником поступления материала на дневную поверхность в виде грязевовулканических излияний пульпы разного состава. Более того, значительная мощность песчаных образований позволяет полагать, что процесс седиментогенеза был близок к лавинному типу и достаточно кратковременным. Наконец, необходимо отметить наличие в верхней «предхвалынской» части разреза образований пульпы пластового типа, имеющей суглинисто-супесчаный состав. По нашему мнению, между данными отложениями и нижележащей песчаной толщей существовал значительный перерыв.

6.2. Строения толщи четвертичных отложений на северной окраине разреза Соленое Займище

Разрез Соленое Займище по строению существенно отличается от разреза Черный Яр почти полным отсутствием толщи алевритов, залегающей непосредственно на отложениях так называемого цоколя. Незначительный как по мощности, так и по распространению фрагмент тонконаслоенных алевритов был обнаружен лишь под латеральной правобережной частью комплекса грязевулканических образований преимущественно пластового типа, заполнивших палеодолину р. Чернявки. Данный фрагмент был уничтожен боковой эрозией Волги, но по опубликованным фотографиям можно судить как о направленности преобразовавших его деформаций, так и частично о внутреннем строении.(рис. 21, 22). В этой части разреза отсутствует также толща песков, деформированная росшими купольно-диапировыми структурами. Южнее устья первого оврага (имеется в виду первый прорезающий разрез овраг от южной границы участка поймы) строение рассматриваемого разреза резко меняется. Здесь непосредственно на цоколе залегает толща переслаивающихся прослоев темно-серого алеврита и мелкозернистого серого песка. Мощность прослоев примерно одинакова и не превышает 0,3 м. В прослоях алеврита встречаются очень мелкие конкреции гипса. Для алевритовых прослоев характерно также наличие V-образных клиновидных структур, заполненных песком вышележащего песчаного прослоя, в котором также встречаются небольшие скопления мелких конкреций гипса. Не исключено, что эти мелкие конкреции «высыпались» в процессе частичного разрушения алевритового прослоя при образовании отмеченных нарушений.

Необходимо отметить, что каких-либо проявлений на границах между прослоями песков и алевритов ассимиляционных контактов, которые можно было бы интерпретировать как результат внутренней межслоевой кинематики или динамики, обнаружить не удалось. Это могло быть связано с небольшим участком обнаженности уступа или, возможно, с отсутствием таких контактов. Тем не менее, одним из индикаторов возникновения, например, растягивающих напряжений в алевритовых прослоях могут служить нарушения клиновидной формы.

Нередко описанный тип образований связывают с дельтовым осадконакоплением. Однако сле-

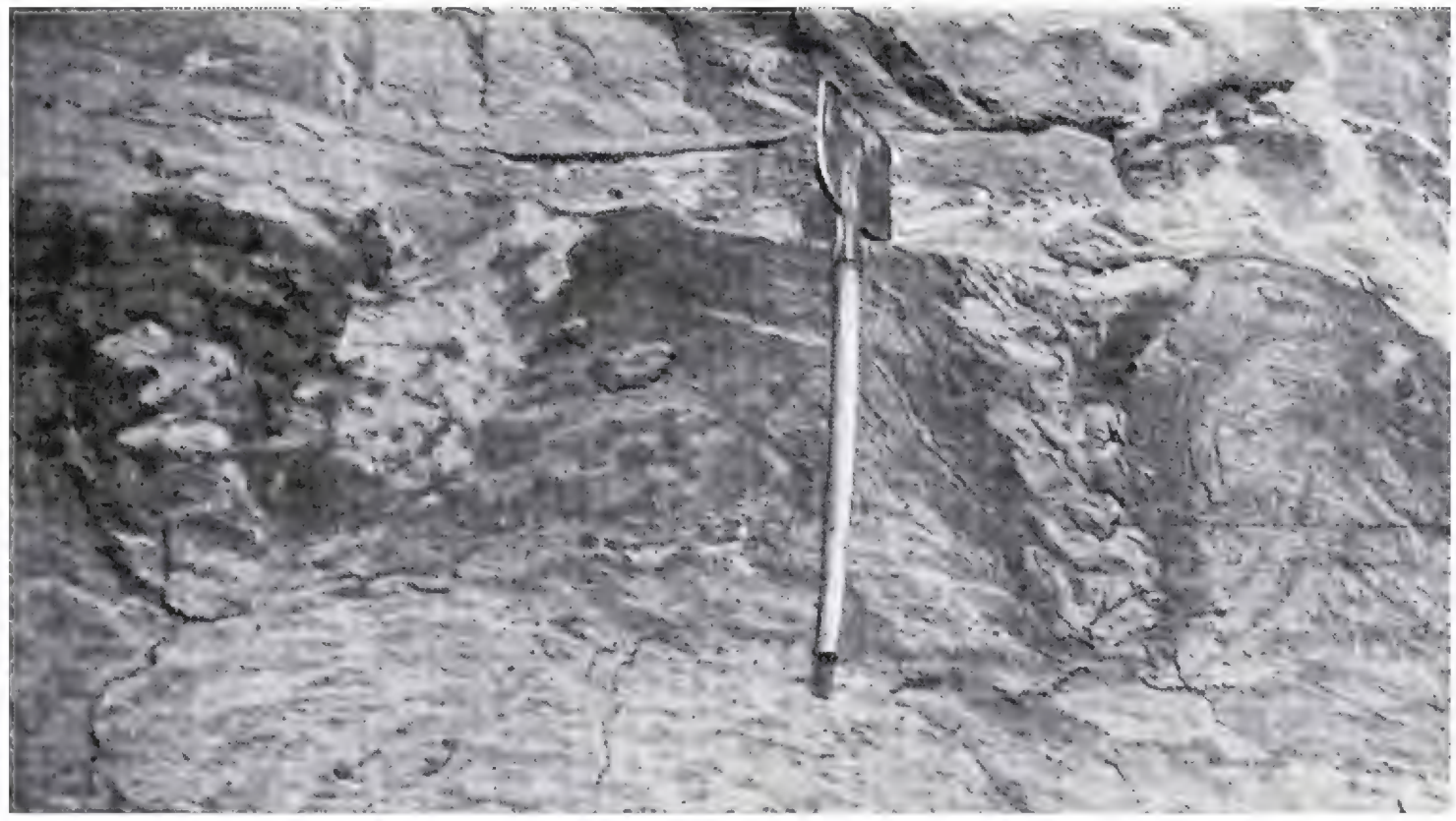


Рис. 21. Две наклоненные диапировидные структуры в толще тонконаслоенных алевритовых отложений, залегающих на цоколе.

Процесс отжатия структур произошел под напоров двигавшегося долинного гравитационного потока. Фото А.И. Москвитина[1962] по интепретации этого исследователя – палеомерзлотные структуры. В настоящее время можно в разрезе видеть только «корни» этих структур – основная их часть уничтожена боковой эрозией Волги. Дополнительные пояснения в тексте.

Fig. 21. Two tilted diapir-like structures in the thickness of thin-layered aleurite sediments deposited on the basement.

The process of squeezing the structures occurred under the pressure of the moving valley gravity flow. Photo by A.I. Moskvitin [1962] – paleo frost structures, as interpreted by this researcher. Only the «roots» of these structures can be seen at present in a cross-section, their main part has been destroyed by the lateral erosion of the Volga River. See additional explanations in the text.

Рис. 22. Тонконаслоенная текстура в отложениях, слагающие основание диапировых структур.
Fig. 22. Thin-layered texture in sediments forming the base of diapir structures.

дует напомнить, что речь идет об отложениях регрессивного этапа между двумя хазарскими трансгрессиями Каспия. Кроме того, данные отложения залегают, хотя и со значительным перерывом, на потоковых грязево-вулканических образованиях алевритового состава. По нашему мнению, упомянутый перерыв не исключал последующих грязево-вулканических проявлений в латеральной части Волжско-Ахтубинской структуры. По данным сравнительного анализа, рассматриваемые отложения близки по строению к отложениям, накопление которых происходило в пределах подножия гряд протрузионно-грязево-вулканического типа. Выше было высказано мнение, что возникновение существующей наслоенности, могло произойти в пульпе еще в подводящем канале. При этом консистенция пульпы могла быть близкой к пастоподобному типу. Наличие мелких конкреций гипса в отложениях ритмично- слоистых отложений объясняется первоначальной загазованностью пульпы элементами аксарайского газоконденсатного горизонта в еще подземной высокобарической обстановке. При этом возникновение собственно конкреций могло произойти в ходе дегазации пульпы при ее выходе на дневную поверхность.

По нашим представлениям, в целом охарактеризованный фрагмент разреза может рассматриваться в качестве гравитационно-смещенного блока более молодых образований. В пользу этого свидетельствует его залегание непосредственно на отложениях цоколя. Важным также является наличие в основании берегового уступа мощной протоки Волги с ее огромной эрозионной способностью, особенно во время половодья. Наконец, на поверхности бывшего дна хвалынского моря поблизости от бровки уступа часто наблюдаются сегментовидные в плане линии нарушений, отражающие возникшие плоскости отрыва или смещения крупных скибообразных блоков берегового уступа. Эти наблюдения позволяют полагать, что столь резкие отличия в строении рассматриваемого разреза связаны с крупными гравитационными смещениями сдвигового типа.

6.3. Отложения дохвалынских пластовых грязевулканических покровов, выстилающих палеодолину р. Чернявки, фрагмент разреза Тихое Займище

В ходе исследований было установлено значительное распространение дохвалынских грязево-вулканических образований покровного типа, выстилающих палеодолину р. Чернявки. Наиболее подробно был изучен разрез берегового уступа вблизи устья первого висячего оврага, находящегося примерно в 200 метрах ниже по течению Волги от южной окраины имеющегося здесь участка поймы. Данные отложения сверху перекрыты морскими хвалынскими (гирканскими по Г.И. Попову, раннехвалынскими по Т.А. Яниной) отложениями. В пределах участка Тихое Займище А.И. Москвитин [1962] (Moskvitin, 1962) выделил комплекс отложений в качестве ахтубинской толщи, которая, по его мнению, является аналогом перигляциального аллювия третьей надпойменной террасы Волги.

Установлено, что выстилающий палеодолину р. Чернявки комплекс в генетическом отношении (рис. 23) представлен расслоенной толщей преимущественно грязевулканических пластово-покровных образований, отличающихся индивидуально как по составу, так и по внутренней структуре от отложений в разрезах Черный Яр и Соленое Займище. Правда, в разрезе Черный Яр имеются отложения, лежащие непосредственно под хвалынью, близкие по своему составу к выполняющим палеодолину Чернявки. Как ясно из приводимого профиля, эти образования также отражают более молодой тип излияний.

В основании покровов имеются динамические ассимиляционные контакты, которые отражают активное воздействие движущегося покрова пульпы суглинистого состава на нижележащие отложения. При этом не исключается, что данные контакты могут отражать также возникавшее дифференцированное скольжение по внутренним плоскостям расслоенности. На северной окраине разреза Соленое Займище ниже морских хвалынских отложений был описан сверху вниз разрез подобных пластово-покровных образований, которые отнесены к типу грязево-вулканических покровов (рис. 24). В изученном разрезе В.Ю. Лаврушиным были выделены следующие пачки:

1. Суглинок бурый, уплотненный, держит вертикальные стенки, карбонатный. В суглинке видны горизонтально расположенные плоскостные нарушения, расчленяющие толщу на отдельные фрагменты мощностью около 25–30 см. Возможно, эти трещины отражают наличие внутрипластовых плоскостей скольжения, но пока других признаков, подтверждающих проявление этого процесса, не обнаружено. В нижней части пачки хорошо выражена зона активной ассимиляции, представленная переслаиванием тонких прослоев данного типа суглинка с аналогичными по толщине (до 3–5 см) прослоями нижележащего темно-серого алеврита. Мощность зоны переслаивания до 15–20 см. Мощность пачки до 6 м.

2. Алеврит темно-серый, почти черный, имеются пятна ожелезнения, присутствует значительное количество детрита марганца. В основании пачки имеется зона переслаивания тонких прослоев песка (до 5 см

Рис. 23. Фрагмент строения нижней части толщи пластовой пульпы супесчано-суглинистого состава, которая непосредственно подстилает хвалынские морские отложения.

Fig. 23. Fragment of the structure of the lower part of the formation slurry of sandy loamy composition, which directly underlies the Khvalynsk marine sediments.

толщиной) и прослоев алевритов темно-серого цвета (до 1 см толщиной). Мощность пачки от 2 до 4 м.

3. Пачка мелкозернистого карбонатного песка рыжевато-серого цвета с горизонтально расположенными тонкими линзами мелких окатышей алеврита буровато-коричневого цвета. Мощность от 0,9 до 1 м.

4. Пачка суглинка бурого цвета, плотного, с большим количеством мелких карбонатных конкреций и окатышей коричневато-бурого алеврита. Перечисленные включения придают пачке брекчиевидный облик. В кровле пачки суглинок гумусированный, темно-серого цвета, карбонатный, с развитым псевдомицелием. Гумусированная часть пачки мощностью всего около 10 см имеет нижний контакт в виде мелких клиновидных гумусовых подтеков и рассматривается нами в качестве сохранившегося фрагмента гумусового горизонта погребенной почвы. Не исключено, что отмеченные выше карбонатные конкреции и частично имеющаяся в основании пачки карбонатная плита мощностью до 5 см могли возникнуть в результате проявления процессов педогенеза в условиях семиаридного климата, хотя, как будет показано ниже, возможен и другой процесс возникновения карбонатной плиты. Мощность пачки 1,5–2,0 м.

5. Пачка горизонтально переслаивающихся тонких прослоев темно-серых алевритов и желтовато-серых песков. Мощности прослоев до 5 см. Мощность пачки 1,2 м.

6. Пачка ритмично переслаивающихся прослоев тех же отложений, но мощности слоев не превышают 30 см. Необходимо отметить, что отложения данной пачки разреза приведены в подразделе 6.2. Такой разрыв описания разреза объясняется тем, что отложения данной пачки не входят в состав пластово-покровных образований, описываемых в настоящей части статьи. Что касается отложений пачки 5, то они являются преобразованными отложениями пачки 6. По нашему мнению, отмеченное тонкое переслаивание алевритовых и песчаных прослоев могло возникло в результате кинемато-динамического воздействия пачки 4. Мощность пачки 3,5–4,0 м.

7. Пачка руслового аллювия палеореки Чернявки, представленного песками с косой слоистостью диагонального типа. Важно отметить, что в песках в наиболее возвышенной части кровли отложений цоколя находится фрагмент тонко наслоенных отложений с четко выраженными двумя наклонными складками.

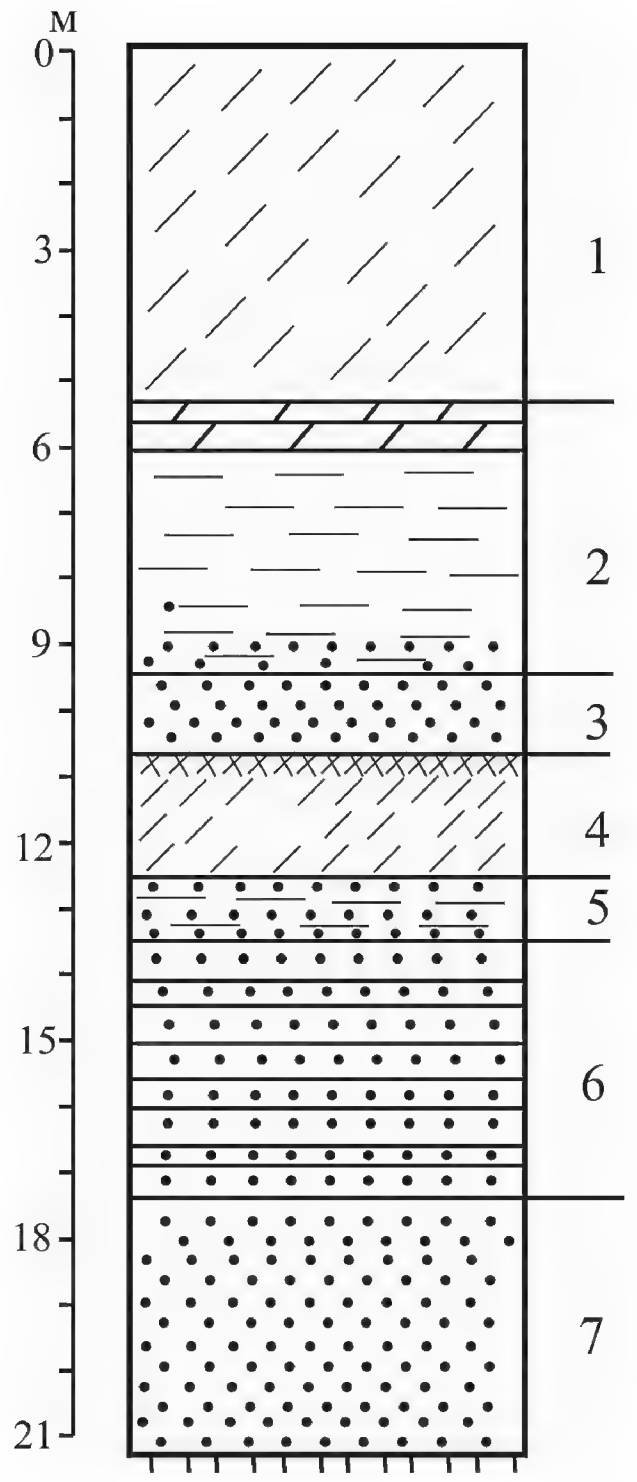


Рис. 24. Колонка разреза. Цифры на колонке соответствуют номерам пачек разреза, описание которых дается в тексте.

Fig. 24. Column section. The numbers on the column correspond to the numbers of the assise section, the description of which is in the text.

Направление наклона этих структур произошло в результате возникшего латерального давления со стороны оползневого гравитационного блока, двигавшегося по палеодолине р. Чернявки. Расположение деформаций в толще песка связывается с процессом выдавливания последнего со стороны той же латеральной части двигавшегося блока. Необходимо отметить, что песок обогащен темно-серыми алевритовыми частицами. Источником песка послужила толща залегающего поблизости хазарского аллювия. Увеличение в нем количества алевритовых частиц произошло в процессе преобразования алевритовой толщи, незначительный фрагмент которой в виде отмеченных деформаций сохранился в разрезе. Мощность пачки около 6 м.

Наибольший интерес для нас представляют отложения пачек 1–5. К отложениям пластово-покровного типа трещинных грязевовулканических излияний отнесены отложения пачек 1, 2, 4. Наличие в разрезе погребенной почвы позволяет говорить о перерыве (неизвестной пока продолжительности) в процессе четырехэтапного формирования толщи, выполняющей палеодолину. На первоначальном этапе происходило образование пачек 4 и 5. При этом отложения пачки 5, представленные относительно тонко наслоенными прослоями, могут рассматриваться в качестве преобразованных кинематическими и динамическими процессами отложений пачки 6. Этому не противоречит обнаруженный ассимиляционный динамический контакт в основании пачки 5. Что касается отложений пачки 4, представленной несортированными суглинистыми образованиями, в которых имеются «взвешенные» мелкие карбонатные конкреции и окатыши коричневато-бурых алевритов, то они рассматриваются как отложения латеральной, достаточно уплотненной части потока пульпы. В строении двигавшейся уплотненной пульпы не было обнаружено каких-либо признаков проявления внутренней дифференциации несомого материала по гранулометрическому составу. При этом не исключается, что насыщение данного потока материалом могло частично происходить за счет обрушения береговых обрывов, в отложениях которых могли быть карбонатные конкреции, возникшие под воздействием более древних процессов педогенеза. На третьем этапе формировалась пачка 3, представленная мелкозернистыми песками с тонкими линзами мелких алевритовых окатышей. По нашему мнению, эти отложения могут быть отнесены к водно-потоковым образованиям относительно небольшого ручья, питание которого осуществлялось за счет карбонатных подземных вод. Наконец, последний, четвертый, этап представлен пачками 1 и 2. Отложения обеих пачек рассматриваются нами как результат грязево-вулканических излияний также пластово-покровного типа. Различия в составе пачек могут быть связаны как с меняющимся положением грязевулканического очага, так и с подходом к нему фрагмента подземного плывуна иного состава. Важно отметить, что в основании потоковых образований имеются динамические ассимиляционные контакты, свидетельствующие о гравитационном движении различных по величине фрагментов покровов пульпы. Не исключается, что возникновение излияний и отмеченных типов контактов могло быть обусловлено воздействием сейсмических процессов. «Ударная» деятельность этих процессов также могла вызывать разрыв покрова пульпы на отдельные фрагменты. Гравитационное движение внутренних покровов рассматриваемой толщи происходило до тех, пока

пульпа не отвердевала окончательно. Несмотря на намеченную последовательность, все процессы происходили почти одновременно. Нами зафиксировано лишь одно сейсмическое событие, проявление которого сопровождалось образованием плоскости скольжения в отвердевшем блоке пласта пульпы. Речь идет о карбонатной плите, расчленяющей отложения пачки 4 на две части. Возникновение этой плиты могло быть связано не только, как указывалось выше, с процессами педогенеза, но и с активным просачиванием карбонатных вод ручья, формировавших отложения пачки 3 по появившейся ослабленной зоне в отложениях пачки 4. Что касается пачки 6, то возникновение подобного типа отложений изложено в разделах 5.1 и 5.2. Допускалось, что эти образования могли возникать еще в подводящем канале грязевого вулкана грядового типа.

Описанные выше литологически разнородные отложения, слагающие рассматриваемую часть четвертичного покрова Соленозаймищенско-Черноярского района, были сформированы из разновозрастных образований. В этом отношении значительный интерес представляют материалы, полученные А.Н. Симаковой по реконструкции ландшафтной обстановки времени формирования погребенной почвы в отложениях пачки 4. По данным палинологического анализа было установлено значительное участие в составе пыльцевых спектров пыльцы древесных пород палеогена. При этом иногда количество зерен древесной пыльцы палеогена превышало количество пыльцевых зерен четвертичной растительности. Эти данные дают основание полагать, что в основе состава матрицы изучаемых суглинков принимали значительное участие элементы палеогеновых отложений. С другой стороны, уместно напомнить, что темно-серые алевриты пачки 3 напоминают морские отложения баку или раннего хазара, которые по данным бурения залегают ниже меженного уреза Волги [Попов, 1976] (Popov, 1976). Отмеченное присутствие в отложениях окатышей глинистых алевритов бурого цвета, может быть , связано с размывом изливавшихся грязевых суглинисто-супесчаных потоковых образований, возможно близких к тем, которые были охарактеризованы в настоящей работе выше. Таким образом, приведенные данные позволяют считать, что основным источником материала, за счет которого происходило формирование отложений, относимых к пластово-покровным грязево-вулканическим образованиям, являются отложения, находящиеся иногда на значительной глубине от палеодневной поверхности. Наконец, необходимо отметить еще один важный момент. Наличие погребенной почвы в пачке 4 позволяет говорить о двух крупных этапах формирования грязево-вулканических пластово-покровных образований, разделенных перерывом пока неизвестной длительности. На первом этапе произошло формирование отложений пачки 4, на втором этапе – пачек 1 и 2.

Подведем краткие итоги рассмотрения Черноярско-Соленозаймищенского разреза. Сравнительный анализ строения разрезов Черный Яр и Соленое Займище показывает, с одной стороны, их существенные различия, а с другой – сходство в отношении подземного источника поступления материала, из которого формировались отложения, слагающие разрезы. С этим согласуются и отложения разреза Тихое Займище. По нашему мнению, различия разрезов обусловлены тем, что очаги излияний трещинного типа могли располагаться на разных глубинах и в неоднородных по составу и консистенции толщах подземных плывунов. Существенные осложнения в изложенную схему были внесены деформациями в ходе возникновения купольно-диапировых структур в разрезе Черный Яр и гравитационно-сдвиговыми нарушениями в разрезе Соленое Займище. Тем не менее в некоторых случаях полученных данных оказалось достаточно для установления особенностей процессов седиментации.

Вопрос о возрасте рассмотренных отложений обсуждается в следующем разделе настоящей работы.

7. Принципиальная схема строения Черноярско-Соленозаймищенского разреза

В связи с совершенно разными мнениями о генезисе и возрасте отложений, слагающих Черноярско-Соленозаймищенский разрез, мы сочли целесообразным привести представить разработанную нами принципиальную схему строения данного объекта (рис. 25).

В видимой части разреза, в так называемом цоколе, выделено два типа генетически совершенно различных образований. Первый тип представлен деформированной толщей морских отложений раннехазарского возраста, залегающей в основании видимой части разреза. Эта толща может отражать так называемый «всплеск» раннехазарского моря, возникший в регрессивную стадию этого бассейна [Лаврушин и др., 2015] (Lavrushin et al., 2015). Однако нами не исключается возможность повышения ранга данного «всплеска» до уровня среднехазарской трансгрессии. Но этот вопрос требует дальнейшего изучения. По нашему мнению, в поддержку высказанного соображения может свидетельствовать литологический состав отложений данного «всплеска», который представлен алевритом, хотя отложения раннехазарского и позднехазарского морей представлены главным образом

Рис. 25. Принципиальная схема строения Черноярско-Соленозаимищенского разреза.

1 – толща хвалынских морских отложений; отложения палеодолины р. Чернявки: 2 – отложения верхнего пласта пульпы, подстилающего хвалынь; 3 – пласт пульпы, представленный темно-серым алевритом; 4 мелкозернистый песок – отложения небольшого локального ручья трещинного подземно-водного питания; 5 – отложения частично преобразованные (см. условный знак 7) двигавшимся гравитационным потоком по палеодолине р. Чернявки; 6 – покров пульпы суглинистого состава частично преобразованный проявлениями педогенеза микулинского времени; 7 – толща переслаивающихся прослоев песка и алеврита зоны лавинного осадконакопления, смещенная гравитационным процессами(разрез Соленое Займище); 8 русловые отложения палеореки Чернявка (хазарский аллювий); 9 – толща песчано-зернового состава пульпы в разрезе Черный Яр; 10 – толща тонко-наслоенных отложений фации ската плоских плащевидных водных потоков, которые преобразованы купольными и диапировыми структурами; 11 – пульпа потоковых образований глинисто-алевритоваго состава; 12 – морские отложения среднехазарского (???) бассейна.

Внутреннее строение: а) разнозернистые пески; б) сочетание разнозернистых и однозернистых песков – возможно поток наносов распался на две части: – внизу разнозерные образования вверху более однородно одинаково тонкозернистые пески; в) появление тонких прослоев олевритов; г) тонкая расслоенность алевритов плоскостями скольжения – приизнаков седиментации не имеется; д) будинаж. Отмеченные изменения могли быть связаны с меняющимся составом пульпы.

Fig. 25. Schematic diagram of the structure of the Chernoyarsk-Solenozaimishchensky section.

Symbols: 1 – Hvalyn marine sediments; sediments of the Chernyavka River paleo valley: 2 – sediments of the upper pulp layer underlying the Hvalyn; 3 – pulp layer represented by dark-gray aleurite; 4 – fine-grained sand – deposits of a small local creek of fractured groundwater feeding; 5 – sediments partially transformed (see # 7) by a gravity flow moving along the paleo valley. The deposits are partially transformed by a gravitational flow in the paleo valley of the Chernyavka River; 6 – the pulp cover of loamy composition partially transformed by the pedogenesis of the Mikulinsky time; 7 – the thickness of interlacing interlayers of sand and aleurite of avalanche sedimentation zone, shifted by gravitational processes (section Solenoye Zaimische); 8 – bed sediments of the Chernyavka paleo river (Khazar alluvium); 9 – Thick sand-grain composition of pulp in the Cherny Yar section; 10 – Thickly layered sediments of slope facies of flat clayey water flows, which are transformed by dome and diapir structures; 11 – pulp of stream formations of clay-siltstone composition; 12 – Marine sediments of Middle Khazar (???) basin.

Internal structure: (а) mixed sands; (б) a combination of mixed and single-grained sands – perhaps the sediment flow has split into two parts: at the bottom differently grained formations at the top more uniformly equally fine-grained sands; в) thin interlayers of siltstones appearance; г) thin stratification of aleurite by sliding planes with no signs of sedimentation; д) boudinage. The noted changes could be related to composition of the pulp changing.

песчаными образованиями. Кроме того, с понятием «всплеска» не очень гармонирует видимая мощность отложений, несколько превышающая 1 м, что может свидетельствовать о продолжительном осадконакоплении.

Второй тип отложений представлен толщей потоковых грязево-вулканических образований алевритового состава, которые заполняют межгрядовые ложбины. При этом в строении толщи потоковых образований было установлено наличие одного, а возможно, даже двух перерывов, разделяющих данную толщу на две или три подпачки. Эти отложения некоторыми исследователями рассматривались в качестве озерных.

По нашему мнению, эти потоковые отложения алевритового состава, разного возраста привлекали млекопитающих различных фаунистических комплексов в качестве необходимой минеральной добавки к основной пище.

В разрезе Черный Яр непосредственно на цоколе залегает толща, представленная в основном тонко наслоенными темно-серыми пластичными алевритами, интенсивно деформированными в процессе возникновения крупных купольно-диапировых структур. Завершает данный разрез толща преимущественно песчаных образований, которую ряд исследователей относят к аллювию равнинных рек и связывают ее формирование непосредственно с р. Волгой. В составе песчаных образований были обнаружены индикаторы, позволяющие связать их появление на дневной поверхности с подземными источниками поступления материала. Кроме того, результаты сравнительного анализа песчаных образований разрезов Черный Яр и Соленое Займище с «почти современными» проявлениями грязево-вулканической деятельности разного типа в исследованном районе также способствовали их отнесению к подобному типу образований. Генезис песчаных отложений разреза Черный Яр может быть определен триадой ключевых фраз. (1)Накопление этих образований происходило на нижней части склона депрессии в ходе мощного лавинного типа излияния переувлажненной грязевулканической пульпы песчано-зернового состава. (2)Основа осадконакопления обуславливалась движущимися распластанными плащеобразно-покровными потоками текущей по склону пульпы, что создавало текстуру «вареных спагетти». (3)Формирование толщи тонко наслоенных алевритов происходило на слабо наклонной поверхности цоколя (являвшейся подошвой склон) за счет преимущественного приноса алевритовых частиц скатывающейся тонкими слоями воды, из выше расположенной зоны осадконакопления.

В пределах северной окраины разреза Соленое Займище описанная толща переслаивающихся песчаных и алевритовых прослоев нередко рассматривается в публикациях как дельтовые отложения. Поскольку в данном районе, как было установлено, не было во время формирования этих отложений какой-либо крупной реки, говорить о дельтовом осадконакоплении представляется неуместным. Более того, в акватории Северного Каспия напротив современного устья Волги отсутствуют какие-либо дельтовые образования этой реки. Мощные дельтовые отложения имеются в северо-западной части Северного Каспия; они уверенно связываются с ранее расположенным здесь устьем Волги, долина которой располагалась вблизи восточной окраины Южных Ергеней. В исследованном районе возникновение интересующей нас толщи, по нашему мнению, происходило в процессе трещинного излияния пульпы, имевшей консистенцию близкую к пастообразному типу. Вместе с тем залегание данной толщи непосредственно на цоколе связано с процессом ее гравитационного сползания и не отражает линейную последовательность геологических событий. По нашим данным, контакт кровли цоколя и толщи, переслаивающихся маломощных прослоев песка и алевритов, возник значительно позже. Как и на северной окраине разреза Соленое Займище, в разрезе Тихое Займище, в котором В.И. Громов обнаружил череп трогонтериевого слона в аллювии р. Чернявки, рассматриваемые отложения перекрывают аллювиальные образования, содержащие хазарский комплекс фауны млекопитающих, и несомненно являются более молодыми. Тем не менее, подобные особенности строения почему-то не учитываются рядом исследователей, которые даже поставили под сомнение валидность хазарского комплекса фауны крупных млекопитающих [Застрожнов и др., 2018] (Zastrozhnov et al., 2018).

Что касается отложений, слагающих разрез Тихое Займище, то, поскольку они залегают в долине р Чернявки, прорезающей гипсометрически более высокий уровень западного ограничения Волжско-Ахтубинской депрессии, на котором расположены разрезы Черный Яр и Соленое Займище, все вложенные в долину толщи являются более молодыми. В описанной толще выделено два этапа ее формирования, разделенных перерывом неустановленной продолжительности. Наиболее древний из них представлен пластом пульпы в виде горизонта суглинка. В суглинке имеется погребенная почва. По фауне грызунов [Тесаков, Кирилова, 2018] (Tesakov, Kirilova, 2018) возраст почвы был определен как микулинский. Более молодой этап представлен двумя пластовыми образованиями пульпы. Верхний из них образован пластом пульпы суглинистого состава, непосредственно подстилающим хвалынские морские отложения.

Завершая рассмотрение схемы строения Черноярско-Соленозаймищенского разреза, отметим наиболее важные палеогеографические события, рубежи раличного типа. Первый из них связан с формированием толщ грязевулканических потоковых образований, слагающих цоколь. Среди отложений последнего выделяется несколько разновозрастных излияний, которые датируются костными остатками фауны крупных млекопитающих разного возраста. Конечно, следующий этап связан с образованием покрова отложений, слагающих комплекс отложений в разрезах Черный Яр и Соленое Займище. Совершенно невозможно не упомянуть рубеж, между сингильскими отложениями с соответствующей фауной и хазарским аллювием. По существу этот рубеж был отмечен был еще В.И. Громовым [1935] (Gromov, 1935), когда этот исследователь производилось сравнение до хазарской и хазарской фаун. Отмечая существовавший между ними длительный перерыв. Естественно важное событие было связано с образованием и последующим заполнением палеодолины р. Чернявки. Даже уже перечисленное показывает на сложность палеогеографических событий. Но главное, состоит в том, что перечисленная событийность не всегда отражает проявление линейной их последовательности. В этом плане необходимо проводить дополнительные сравнительные исследования, В настоящей работе сочтено возможным еще раз упомянуть об излияниях разновозрастных образований пульпы, расположенных на одном и том же гипсометрическом уровне одного и того же литологического состава.

Как уже упоминалось в одном из разделов настоящей работы особенно это проявляется в отложениях цоколя., Действительно в этой части разрезав состав строения цоколя входят даже современные грунтовые алевритовые потоки тоннельного типа, которые изливаются из трещины и текут по наклонной поверхности кровли цоколя, иногда даже частично врезаясь в нее. Естественно, излияния могли происходить не по всему простиранию трещины, что обуславливает, например, распространение, по крайней мере, в приповерхностной части разреза на одном же гипсометрическом уровне разновозрастных сегментов потоковых образований. Именно лоэтому на созданной принципиальной схеме строения Черноярско-Соленозаймищенского разреза было сочтено нецелесообразным в настоящее время показывать высказанную в тексте, существующую этапность в строении отложений межгрядовых ложбин.

8. Заключение

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Впервые в районе исследований было установлено региональное участие в строении четвертичного покрова отложений, формирование которых было связано с проявлениями грязевого вулканизма. Образование пульпы было обусловлено частичным преобразованием неконсолидированных отложений кайнозоя процессами высокобарической флюидодинамики. Возникновение высоких и сверхвысоких давлений на относительно небольшой глубине произошло вследствие активизации процессов соляной тектоники. Важно также отметить, что процессами преобразования были фрагментарно затронуты участки аксарайского газоконденсатного горизонта, что способствовало обогащению возникавших подземных плывунов специфической газовой составляющей. Активные проявления соляной тектоники также способствовали возникновению в поверхностной части земной коры ослабленных зон и нарушений трещинного типа, которые обуславливали выход на дневную поверхность разномасштабных фрагментов грязево-вулканических излияний.

2. В ходе проведения исследований была разработана структура гравитационного покрова, возникшего в конце позднего плейстоцена и проявляющегося свою активность в настоящее время. Бассейн гравитационного покрова делится на две лопасти: западную и восточную, между которыми впоследствии возникла Волжско-Ахтубинская депрессия. В южной части восточной лопасти выделена зона сжатия, которая проецируется на северный склон погребенной соляной структуры. В лопастях покрова были выделены латеральные части, в которых были обнаружены проявления нескольких разновозрастных и разномасштабных подвижек покрова. В результате была установлена значительная кинематическая подвижность восточной лопасти. Анализ этих подвижек, установленный по различиям морфологии «сброшенных» пластин покрова на склон современной Каспийской впадины, уже создает одну из основ для реконструкции резонансной кинематики края гравитационного покрова.

Важными элементами структуры покрова являлись также бассейн питания грунтового потока, заполненный массовыми сальзовыми излияниями, и «долина» того же потока. Это направление исследований в данной работе было обусловлено как необходимостью обоснования возникновения новой долины Волги, так и установлением пространственного размещения наиболее крупных проявлений грязевого вулканизма.

3. Возникновение нового направления долины Волги на участке Волгоград–Астрахань было предопределено соляной тектоникой. «Старая» долина южнее Волгограда оказалась погребенной

под трудно размываемыми отложениями раннехвалынской трансгрессии, а использование «восточного спуска возникшего подпрудного бассейна» для формирования нового русла Волги было предопределено соляной тектоникой. В результате проявления интенсивного соляно-тектонического импульса произошло раздробление плотных шоколадных глин, создание линейной зоны трещинообразования, послужившей основой как для формирования «долины стока» грунтового потока, так и для возникновения Волжско-Ахтубинской депрессии. Одновременно в пределах обширного современного участка Волжско-Ахтубинской поймы в соляно-тектонической впадине восточнее Волгограда возник обширный сальзовый бассейн. Переполнение сальзового бассейна пульпой способствовало образованию стока ее излишков по упомянутой зоне трещинообразования и соответственно формированию не только собственно грунтового потока длиной более 300 км, но и его «долины». Позднее в этап относительно низкой активности соляной тектоники в пределах соляно-тектонической впадины, в которой прекратились сальзовые излияния пульпы, возник подпрудный бассейн Волги. В начальный этап переполнения этого бассейна происходил даже непродолжительный сток излишков водной массы на поверхность осушенного дна раннехвалынского моря. Это был плоскостной поток, оставивший после себя незначительные проявления эрозионно-аккумулятивных процессов на поверхности осушенной морской равнины. При дальнейшем переполнении подпрудного бассейна основной сток Волги очень быстро переключился на «готовую долину стока» грунтового потока. Таким образом, начальный этап возникновения новой долины Волги был связан с унаследованным использованием «долины стока грунтового потока», который в это время уже прекратил свое движение. Днище обширного подпрудного бассейна, унаследовавшего бассейн сальзообразования, в настоящее время заполнено обширным массивом Волжско-Ахтубинской поймы.

4. В разработанной классификации проявлений наземных грязевулканических излияний пульпы были выделены следующие типы образований. Для кратеров трещинного типа была зафиксирована пульпа в виде покровно-пластовых и потоковых образований. С трещинными излияниями на склонах и их подножиях происходило формирование мощных толщ, для которых был свойственен лавинный типа осадконакопления (в соответствии с разработанной моделью склнового осадконакопления на грядово-бугровых образований). Для сопочных вулканов установлено ограниченное распространение пульпы в виде как покровных пластов, так и поверхностного маломощного плаща, осложненного рулетоподобными образованиями. смещенной пульпы. Возникновение последних было связано с взрывной деятельностью сопочных грязевых вулканов. Таким образом, можно констатировать, что в исследованном районе пульпа преимущественно представлена, разным составом отложений как пластами: глинистых алевритов, или супесчано-суглинистыми образованиями, так и мощными толщами песчано-зернового состава. Для последних были установлены индикаторы относительно глубоких подземных источников поступления материала.

5. В разработанной принципиальной схеме строения четвертичных отложений уступа Волжско-Ахтубинской депрессии на участке Черный Яр–Соленое Займище во всех составных частях данного разреза (Черный Яр, Тихое Займище, Соленое Займище) было установлено наличие грязевулканиченных образований, что не укладывается в существующие традиционные представления. Вторым важным моментом является уникальность данного разреза, имеющая важное стратиграфическое значение, позволяющее проводить корреляцию локальных природных событий Прикаспийской низменности как с региональными, так и глобальными природными процессами, происходившими, например, в Северном Полушарии. Уникальность данного разреза состоит в том, что в его отложениях содержатся костные остатки животных, по крайней мере, почти пяти фаунистических комплексов крупных млекопитающих. Подобного типа разрезов не только в районе исследований, но ив других районах Северной Евразии пока не известно.

Как было показано в настоящей работе, в строении разреза выделяется две части: нижняя называемая цоколем, для которой было установлено сложное, но в значительной своей части единое, строение и близкие процессы осадконакопления. Для верхней части разреза «зажатой» между кровлей цоколя и нижним контактом хвалынских морских отложений в каждой из составных частей разреза были установлены свои индивидуальные отличия.

В последние годы многие предыдущие исследователи рассматривали отложения цоколя или к озерным отложениям или морским образованиям разного возраста. Это послужило основанием более подробно изложить наши представления о принципиально ином генезисе отложений.

В строении цоколя принимают участие две пачки отложений. Нижняя представлена морскими отложениями, сложенной в основном глинистыми темно-серыми алевритами, содержащими фауну морских моллюсков, возраст которых определяется

несколько по разному. Пачка морских отложений деформирована, как нам представляется, соляно-тектоническими процессами, возможно даже в сочетании с сейсмическим событием. В результате кровля толщи приобрела волнистое очертание, отражающее возникший грядово-волнистый возникший палеорельеф Вторым компонентом толщи участвующем в строении цоколя, явились потоковые грязевулканические излияния трещинного типа, заполняющем межгрядовые ложбины, в виде алевритовых высокоплотностных потоков разного размера, поперечные профили канавообразной формы, которых хорошо видны в современных эрозионных подмывах Волги. В разрезах фиксируется два или возможно даже три этапа излияний, видимо, связанных с активизацией соляной тектоники. Как мы полагаем, нахождение костей животных различных фаунистических комплексов приурочено к приповерхностной части межгрядовых депрессий, заполненных разновозрастными отложениями алевритовых потоков. При этом, судя по архивным материалам АМЗ, на достаточно близком расстоянии друг о друга могут встречаться кости или костные скопления руководящих видов животных разных комплексов. Отсюда нами делается вывод о том, что излияния происходили не всегда последовательно, и на одном и том же месте. Для этих процессов была свойственна также прерывистость и пространственная разобщенность. Как сейчас становится очевидным, излияния могли происходить, пользуясь терминологией В.И. Громова, в дохазарское время, в хазарское время и, как мы полагаем, в позднем плейстоцене, судя по находкам в приповерхностной части цоколя крупных скоплений костей *M. intermedius*. В этом отношении исследователи рассматриваемого разреза допускают появление этого вида мамонта в более раннее время-во время максимального оледенения среднего плейстоцена. ограничиваясь лишь ссылками на специалистов, которые свои выводы формулируют на основе изучения не стратотипических, а локальных разрезов. Более того, не учитываются, при этом, данные по затронутому вопросу, которые были опровергнуты в более поздних публикациях. Наконец, надо отметить, что сочетание фауны и излияний пульпы характеризует лишь те моменты, в которые происходило совпадение этих событий. В этом отношении важно отметить, что в соответствии с нашими наблюдениями на отдельных участках разреза небольшие тоннельного типа излияния происходят в настоящее время и более активно они происходили в некоторые этапы голоцена.

Что касается верхней части толщи рассматриваемого разреза, во всех ее трех частях были установлены индивидуальные отличия в строении отложений. Но в этом случае также приходится даже в заключении привести более четкие формулировки о генезисе этих отложений.

В разрезе **Черный Яр** непосредственно под морскими хвалынскими отложениями залегает толща пульпы, суглинисто-супесчаного состава и мощная толща преимущественно мелкозернистых песков, которая подстилается тонкослоистыми отложениями подножия склона. В песчаной толще вблизи контакта с последними имеются деформации, возникновение которых обусловлено «ростом» купольных структур. Генезис песчаных отложений определяется как грязево-вулканический по установленным индикаторам подземного источника их возможного возникновения. Таким источником в данном месте явились преобразованные процессами флюидодинамики преимущественно песчаные отложения палеогена, кровля которых в районе Черного Яра находится на глубине 100–150 м. В пульпе песчано-зернового состава обнаружены текстуры, не позволяющие однозначно определять их генезис. Некоторые из них могут быть отнесены к постседиментационным образованиям, которые распространены в отложениях «хвостов» участков водного складировании отходов горно-обогатительных предприятий. В этой связи появляются основания полагать, что в целом осадконакопление подобных образований могло быть обусловлено экстремально-лавинным типом поступления материала на дневную поверхность. В песчаных образованиях южной части разреза Черный Яр имеются волнисто-слоистые текстуры, которые получили название «вареных спагетти». При трактовки генезиса данных отложений нами избрана модель, с некоторой доработкой в связи с более однородным гранулометрическим составом песков, разработанная для склоновых образований гряд-бугров протрузионно-грязевулканического типа. В рассматриваемом случае имеются ввиду две зоны осадконакопления. Первая из них приурочена к нижней части склона, имеющей уплощенный полого-вогнутый профиль, а вторая – зона подошвы склона, образованная кровлей цоколя. Отсутствие в первой зоне четко выраженной линзовидности строения при развитых волнисто линзовидных текстурах в песчаной толщи, по нашему мнению, позволяет предполагать, поступление наносов в данную зону осадконакопления в виде распластанного по склону потока песчано-зернового состава. В процессе замедления движения плащевидного песчаного потока происходит аккумуляция песка, а освободившаяся от песка, вода, обогащенная алевритовыми частицами, попадая в подошвенную зону осадконакопления склона, способствует формированию тонко-наслоенной толщи алев-

ритов. Общим для обоих зон является повышенная мощность отложений, свидетельствующая о лавинном типе осадконакопления.

В ходе исследований в пределах северной окраины разреза **Соленое Займище**. непосредственно на отложениях цоколя в данном разрезе залегают более молодые отложения, которые представлены толщей переслаивающихся прослоев алеврита и песка мощностью 0,3–0,4 см. На контактах прослоев отсутствуют какие-либо четкие проявления кинематических и динамических процессов, хотя наличие клиновидных структур, частично нарушающих сплошность алевритовых прослоев дает основание говорить о возникавших в толще незначительных растягивающих напряжений. О формировании данной толщи значительной мощности высказано мнение о том, что пульпа уже в подводящем канале кратера могла иметь пастообразную консистенцию. Залегание этой толщи непосредственно на отложениях кровли цоколя произошло вследствие оползневого «сползания» обширных блоков этих образований. Проявления этого процесса заметны и в настоящее время. Возраст данной толщи определяется по находкам на поверхности цоколя костного материала крупных млекопитающих, в том числе зубов *M. intermedius* (по личному сообщению М.В. Головачева). Но теперь в связи с высказанными выше материалами о приуроченности костного материала к потоковым образованиям, подобные высказывания требуют дополнительного подтверждения.

В разрезе **Тихое Займище** было установлено наличие по крайней мере трех уровней распространения пластовых образований пульпы, заполняющих палеодолину р. Чернявки. При этом, процессы излияния пульпы между нижним ее горизонтом и двумя верхними был разделен значительным перерывом.

6. В ходе проведенных исследований была установлена связь между глинисто-алевритовым составом пульпы, излившейся на дневную поверхность, и находками скоплений костей крупных плейстоценовых животных, что позволяет предполагать близкое месторасположение их гибели. Возникновение скоплений костей животных в данном месте объясняется их потребностью использовать грязево-вулканическую пульпу глинисто-алевритового состава в качестве минеральной пищевой добавки. А их частичная гибель связана с процессом дегазации пульпы, которая, в соответствии с полученными аналитическими данными, сопровождалась выделением заметного количества сероводорода. Это могло вызвать как отравление, так и гибель отдельных особей.

Благодарности. Авторы считают необходимым выразить глубокую благодарность коллегам, которые предоставили фотографии для использования в настоящей работе: сотруднику ВСЕГЕИ Д.С. Застрожнову и профессору МГУ О.А. Макееву. Значительную помощь в создании настоящей работы оказали руководитель отдела стратиграфии кайнозоя Института геологии Уфимского научного центра РАН Г.А. Данукалова, консультировавшая по фауне морских моллюсков, а также научный сотрудник Астраханского музея-заповедника М.В. Головачев, давший ценные консультации по фауне крупных млекопитающих. Огромную помощь в подготовке иллюстраций к публикации оказали также научные сотрудники ГИН РАН Е.В. Лаврушина и Р.И. Недумов.

Источники финансирования. Настоящая работа была выполнена в соответствии с планом исследований по гос.заданию № 0135-2019-0073 Геологического института РАН.

Литература

Аристархова Л.Б. О происхождении и тектонической приуроченности бэровских бугров // Вестник МГУ, сер. географ. 1980, №1, с. 36–42.

Бадюкова Е.Н. Новые данные о морфологии и строении Бэроских бугров // Геоморфология, 2005, №4, 2005; с. 25–42.

Брылев В.А., Цыганков А.В., Акуз И.К. Глава Геоморфология в кн. // Геология СССР, т. XLXI Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР.М. «Недра», 1970, с. 578–604.

Бэр К. Ученые записки о Каспийском море и его окрестностях // Записки Императ. Русского Географ. Общества. Кн. XI СПБ., 1856, с. 181–224.

Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М.: Наука, 1987. 257 с.

Васильев Г.А. Воды речек как источник накопления солей в озере Эльтон. Труды ВНИИ Галургии, 1953, вып. XXHIII, с. 104–113.

Васильев Г.А. Термический режим донной рапы верхнего пласта соли озера Эльтон // Труды ВНИИГалургии, 1953, вып. XXVIII, с. 114–117.

Волков И.А. О геологическом строении и рельефе бугров Бэра // Труды Лаборатории аэрометодов АН СССР, 1960, с. 74–89.

Войт Б. Механика регрессивного блокового скольжения на примере развития оползня Тернагейн-Хайтс, Анкоридж, Аляска.\\ Сила тяжести и тектоника. Фундаментальные труды зарубежных ученых по геологии, геофизике и геохимии. М.: МИР, 1976, с.116–140.

Геология дельты р. Волги // Труды ГОИНа, М.: изд. АНСССР, 1951, вып.18, 251с.

Головачев М.В., Титов В.В. Новые данные о расселении и разнообразии крупных млекопитающих среднего и позднего неоплейстоцена по результатам анализа костных остатков из отложений геологических разрезов в окребстностях с. Черный Яр (Астраханская

область, Россия) // Бюллетень комиссии по изуч. четверт. периода, 2019, № 77, с. 160–166.

Громов В.И. Стратиграфическое значение четвертичных млекоп\итающих Поволжья // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода, 1935, 4, вып. 2, с. 304–324.

Громов В.И. Палеонтологические и археологические обоснования стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР. Труды Института геол. Наук АН СССР, 1948, вып.64.

Дурмишьян А.Г., Халилов Н.Ю. Аномально-высокие пластовые давления на площади Бакинского архипелага и причины их возникновения. // Геология нефти и газа, 1972, № 8, с. 28–35.

Жуков М.М. К стратиграфии каспийских осадков Низового Поволжья // Тр. Комиссии по изуч. Четвертичного периода, 1935, т.4, вып. 2, с. 227–272.

Застрожнов А.С., Данукалова Г.А., Головачев М.В., Титов В.В., Тесаков А.С., Симакова А.Н., Осипова Е.М., Трофимова С.С., Зиновьев Е.В., Курманова Р.Г. Сингильские отложения в схеме квартера нижневолжского региона, новые данные Стратиграфия. Геологическая корреляция 2018, том 26, № 6, с. 80–120.

Косыгин Ю.А. Соляная тектоника платформенных областей. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1957, с. 247.

Лаврушин Ю.А., Антипов М.П., Кураленко Н.П., Спиридонова Е.А., Тудрин А. Строение, морфогенез и кинематика гравитационного позднечетвертичного покрова юго-западной части Северного Прикаспия // Бюллетень Комиссии по изуч. четвертичного периода, 2019, № 77, с. 5–48.

Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., Тудрин А., Шали Ф., Антипов М.П., Кураленко Н.П., Курина Е.Е. Каспий: гидрологические события позднего квартера // Бюллетень Комиссии по изуч. четверт. периода, 2014, № 73, с. 19–52.

Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., Сулержицкий Л.Д. Геолого-палеоэкологические события севера аридной зоны в последние 10 000 лет.// Геолого-палеоэкологические обстановки четвертичного периода. М. Геологический институт АН СССР, 1991, с. 67–104.

Леонов Ю.Г., Лаврушин Ю.А., Эпштейн О.Г. Проявления грандиозных гравитационных процессов на позднехвалынском палеошельфе Северного Прикаспия // Докл. Академии наук, 1995, т. 344, № 2, с. 212–215.

Москвитин А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья // Труды Геологического институтат АН СССР, 1962, вып. 64, 263 с.

Попов Г.И. Плейстоцен Черноморско-Каспийских проливов. М.: Наука, 1983, 215 с.

Попов Г.И. Четвертичная система // В кн. Геология СССР, т. XLXI, Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР.М.: Недра, 1970, с. 447–604.

Пантелеев В.П. Геологическое строение и газоносность Южных Ергеней М.-Л., Изд-во нефтяной и горно-топливн. литературы, 1947, 123 с.

Попов Г.И. Гирканская трансгрессия в Северном Прикаспии // Бюллетень Комиссии по изуч. четверт. периода, 1967, № 33, с. 77–86.

Православлев П.А. Северо-западное побережье Каспия // Изв. Центрн. гидрометбюро. 1929, вып. 8, с. 35–47.

Родзянко Г.Н. Неогеновая система // в кн. Геология СССР, т. XLXI, Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР.М.: Недра, 1970, с. 410–446.

Свиточ А.А., Клювиткина Т.С. Бэровские бугры Нижнего Поволжья. М. 2006, 159 с.

Структурная карта надсолевого комплекса Прикаспийской впадины. Масштаб 1:1000000. Ред. Волчегурский П.Ф., Турков О.С., Шлезингер А.Е. М-Л. Аэрогеология, 1980.

Тесаков А.С., Кириллова И.В. Водяные полевки (Arvicola) эоцена Нижней Волги и их стратиграфическое значение // Материалы X Всероссийского совещания по изуч. четвепртич. периода. 1917, М.: ГЕОС, с. 418–419.

Ткач Н.Т., Мюррей Э.Ш., Курбанов Р.Н. Янина Т.А. Датирование верхнеплейстоценовых отложений разреза Средняя Ахтуба (Нижнее Поволжье) методом оптически стимулированной люминесценции // Материалы X Всероссийского совещания по изуч. четверт. периода. 2017, М.: ГЕОС, с. 428–430.

Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия. М., Наука, 1978, 168 с.

Холодов В.Н. Термобарические обстановки глубин осадочно-породных бассейнов и их флюидодинамика. Сообщение 1. Зональность строения стратисферы и условия образования аномально-высоких и сверхвысоких давлений флюидов // Литология и полезн. ископ., 2018, №6, с. 539–557.

Холодов В.Н. Закономерности размещения и условия образования соляных диапиров и грязевых вулканов // Литология и полезн. ископаемые, 2013, №5, с. 441–460.

Холодов В.Н. Осадочные бассейны, закономерность образования и принципы клпссификации // Литология и полез. ископаемые, 2010, № 3, с. 268–308.

Холодов В.Н., Недумов Р.И. О геохимических критериях появления сероводородного заражения в водах древних водоемов // Изв. АН СССР.Сер. геол. 1991, № 12, с. 74–82.

Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия М. 2012, 263 с.

Literature

Aristarkhova L.B. On the origin and tectonic confinement of the Baer knoll // Moscow University Geology Bulletin. 1980. N 1. P. 36–42.

Badyukova E.N. New data on the morphology and structure of the Baer knolls // Geomorphology. 2005. N 4. P. 25–42.

Brylev V.A., Tsygankov A.V., Akuz I.K. Geomorphology // Geology of the USSR. Vol. 46. Rostov, Volgograd, Astrakhan regions and Kalmyk ASSR. Moscow: Nedra, 1970. P. 578–604.

Baer K. Scientific notes on the Caspian Sea and its environs // Proceedings of the Imperial Russian Geographical Society. 1856. Vol. 10. P. 181–224.

Varushchenko S.I., Varushchenko A.N., Klige R.K. The regime changes of the Caspian Sea and stagnant pools in paleotime. Moscow: Nauka 1987. 257 p.

Vasiliev G.A. River waters as a source of salt accumulation in Lake Elton // Proceedings of the State Research Institute of Halurgy. 1953. Vol. 28. P. 104–113.

Vasiliev G.A. Thermal regime of bottom brine of the upper salt layer of Lake Elton // Proceedings of the State Research Institute of Halurgy. Vol. 28. 1953. P. 114–117.

Volkov I.A. On the geological structure and relief of the Baer knolls // Aerial methods in natural research. 1960. P. 74–89. (Proceedings of the Laboratory of Aerial Methods AS USSR; Vol. 10)

Voight B. Mechanics of regressive block sliding on the example of the development of the Turnagain Heights landslide, Anchorage, Alaska // Gravity and Tectonics. Fundamental works of foreign scientists in geology, geophysics and geochemistry. Moscow: Mir, 1976. P. 116–140.

The geology of the River Volga delta // Proceedings of the State Oceanographic Institute. Vol. 18. 1951. 251 p.

Golovachev M.V., Titov V.V. New data on the distribution and diversity of large mammals of the Middle and Late Neopleistocene based on the results of the analysis of bone remains from deposits of geological sections in the vicinity of the village. Cherny Yar (Astrakhan Region, Russia) // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary, 2019. N 77. P. 160–166.

Gromov V.I. Stratigraphic significance of Quaternary mammals of the Volga region // Proceedings of Commission for Study of the Quaternary. 1935. Vol. 4. N 2. P. 304–324.

Gromov V.I. Paleontological and archaeological substantiation of the stratigraphy of continental deposits of the Quaternary on the USSR territory. Moscow: Publ. AS USSR, 1948.521 p. (Proceedings of the Institute of Geological Sciences AS USSR; Issue 64. Geological Series N 17).

Durmishyan A.G., Khalilov N.Yu. Abnormally high reservoir pressures in the area of the Baku archipelago and the reasons for their occurrence // Geology of oil and gas. 1972. N 8. P. 28–35.

Zhukov M.M. On the stratigraphy of the Caspian sediments of the Lower Volga region // Proceedings of Commission for Study of the Quaternary. 1935. Vol. 4. N 2. P. 227–272.

Zastrozhnov A.S., Danukalova G.A., Golovachev M.V. et al. Singil deposits in the scheme of the quarter of the Lower Volga region, new data // Stratigraphy. Geological correlation. 2018.Vol. 26. N 6.P. 80–120

Kosygin Yu.A. Salt tectonics of platform areas. Moscow, Leningrad: Gostoptekhizdat, 1957. 248 p.

Lavrushin Yu.A., Antipov M.P., Kuralenko N.P. et al. Structure, morphogenesis and kinematics of the gravitational Late Quaternary cover of the southwestern part of the Northern Caspian Sea // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary. 2019. N 77. P. 5–48.

Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Tudrin A. et al. Caspian: hydrological events of the Late Quarter // Bulletin of the Commission for the Study of the Quaternary. 2014. N 73. P. 19–52.

Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Sulerzhitskiy L.D. Geological and paleoecological events in the north of the arid zone in the last 10,000 years // Geological and paleoecological settings of the Quaternary. Moscow: Geological Institute AS USSR, 1991. P. 67–104

Leonov Yu.G., Lavrushin Yu.A., Epshtein O.G. Manifestations of grandiose gravitational processes on the Late Khvalynian paleoshelf of the Northern Caspian region // Doklady RAS. 1995. Vol. 344. N 2. P. 212–215.

Moskvitin A.I. Pleistocene of the Lower Volga region. Moscow: Publ. AS USSR, 1962. 263 p. (Proceedings of the Geological Institute AS USSR; Issue 64)

Panteleev V.P. Geological structure and gas content of South Ergeni Moscow, Leningrad: Publ. Oil, mining and fuel literature. 1947.123 p.

Popov G.I. Hyrcanian transgression in the Northern Caspian region // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary, 1967. N 33. P. 77–86.

Popov G.I. Pleistocene of the Black Sea-Caspian Straits. Moscow: Nauka, 1983. 215 p.

Popov G.I. Quaternary system // Geology of the USSR. Vol. 46. Rostov, Volgograd, Astrakhan regions and Kalmyk ASSR. M .: Nedra, 1970. P. 447–604.

Pravoslavlev P.A. Northwest coast of the Caspian // News of the Central Hydrometeorological Bureau. 1929. N 8. P. 35–47.

Rodzianko G.N. Neogene system // Geology of the USSR. Vol. 46. Rostov, Volgograd, Astrakhan regions and Kalmyk ASSR. M .: Nedra, 1970. P. 410–446.

Svitoch A.A., Klyuvitkina T.S. Baer knolls of the Lower Volga region. Moscow: Faculty of Geography, Moscow State University, 2006. 159 p.

Structural map of the post-salt complex of the Caspian Basin. Scale 1: 1,000,000. Ed. P.F. Volchegursky, O.S. Turkov, A.E. Schlesinger. Moscow, Leningrad: Aerogeology, 1980.

Tesakov A.S., Kirillova I.V. Water voles (*Arvicola*) of the Pleistocene of the Lower Volga and their stratigraphic significance // Fundamental problems of the Quarter: the results of the study and the main directions of further research: 10th Russian meeting on the study of the Quaternary: [Moscow. 25–29 Sept. 2017]. Moscow: GEOS, 2017. P. 418–419.

Tkach N.T., Murray E.Sh., Kurbanov R.N. Yanina T.A. Dating the Upper Pleistocene deposits of the Srednyaya Akhtuba section (Lower Volga region) by the method of optically stimulated luminescence // Fundamental problems of the Quarter: results of the study and the main directions of further research: 10th Russian meeting on the study of the Quaternary: [Moscow. 25–29 Sept. 2017]. Moscow: GEOS, 2017. P. 428–430.

Fedorov P.V. Pleistocene of the Ponto-Caspian Sea. Moscow: Nauka, 1978.168 p.

Kholodov V.N. Thermobaric conditions of the depths of sedimentary-rock basins and their fluid dynamics. Communication 1. The zoning of the structure of the stratisphere and the conditions for the formation of

anomalously high and ultrahigh pressures of fluids // Lithology and Mineral Resources. 2018. N 6. P. 539–557.
Kholodov V.N. Regularities of distribution and conditions of formation of salt diapirs and mud volcanoes // Lithology and Mineral Resources. 2013. N 5. P. 441–460
Kholodov V.N. Sedimentary basins, regularity of formation and principles of classification // Lithology and Mineral Resources, 2010. N 3. P. 268–308.
Kholodov V.N., Nedumov R.I. On the geochemical criteria for the occurrence of hydrogen sulfide contamination in the waters of ancient reservoirs // Izvestiya AS USSR. Seria geology. 1991. N 12. P. 74–82.
Yanina T.A. Neopleistocene of the Ponto-Caspian Sea: biostratigraphy, paleogeography, correlation. Moscow: Faculty of Geography, Moscow State University, 2012. 263 p.

Yu.A. Lavrushin, T.A. Sadchikova, N.P. Kuralenko, V.V. Petrova, V.N. Kuleshov, A.N. Simakova, V.Yu. Lavrushin, M.P. Antipov

MUD VOLCANIC SPREADS IN THE STRUCTURE AND FORMATION OF QUATERNARY DEPOSITS IN THE SOUTHWESTERN PART OF THE NORTHERN CASPIAN SEA REGION

Several types and ages of mud volcanic formations caused by active salt tectonics and its distribution are discovered in the study area. The most important element of the structure of Quaternary deposits covering was the gravity overlying mass, the kinematic and dynamic activity of which are presented. Paper described the developed structure of the upper layer in connection with some types of mud volcanism. We find the salt tectonic evidence of a new Volga valley origin in the Lower Volga River region. Classification of mud volcanic sediments based primarily on fissure effusions, specific ridge mud volcanoes of the protrusive type, in addition to mud cone and salse eruptions, as well as occurrences of a gas-mud-water mixture explosive type eruptions associated with the funnel's formation. We identified the main types of slurry composition, and (importantly) found modern extruded sheet of fractured slurry eruptions. Pleistocene fissure effusions of aleurite slurry attracted different faunal complexes as a food mineral supplement necessary for the animal main diet. But in some cases, the effusion of the slurry was associated by active draining out of stink damp (H_2S). This caused a local unfavorable ecological situation, resulting in poisoning and death of some animals. We prepared novel structure scheme of the well-known section, consisting of three parts (Cherny Yar, Tikhoye Zaymishche, Solenoye Zaymishche), based on new ideas about the genesis of deposits. The section uniqueness is in the fact that its sediments contain animal bone remains of five faunal complexes of mammals and two strata of marine sediments. There is no other similar natural cross section on Earth.

Key words: mud volcano, salse eruption, slurry, high-pressure fluid dynamic, flow rock, sedimentary rock formation, sedimentogenesis, Middle Neopleistocene, Holocene, Northern Caspian.

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА
№ 78, 2020 г.

ОТРАЖЕНИЕ ГЛЯЦИАЛЬНЫХ, КРИОГЕННЫХ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСПРОСТРАНЕНИИ КРИОГЕННЫХ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

В.А. Друщиц

Геологический институт РАН, Москва, Россия vdruschits@yandex.ru

Рассмотрены условия формирования и сохранения криогенных гидратов природного газа на прибрежных низменностях и шельфе моря Бофорта в квартере. Они образовались в границах нефтегазовых бассейнов. Существующие в настоящее время в моноклиматической ситуации данные клатраты природного газа образовывались в перигляциальных и гляциальных условиях. Сочетание характера геодинамического режима и условий поздневалдайского (висконсинского) криохрона вызывает различное распространение криогенных гидратов на континентальной окраине севера Аляски и в области дельта р. Маккензи – шельф моря Бофорта. В дельте р. Маккензи криогенные гидраты формировались во фронтальной зоне ледника и в области влияния складчато-надвигово пояса. В результате эти образования в большей степени распространены на шельфе. По времени формирования гидратов природного газа относительно развития криолитозоны определены две группы этих образований эпикриогенная и синкриогенная. Для этого региона выделены 4 типа криогенных гидратов природного газа относительно их расположения в многолетнемерзлых породах и под ними. Установлены индикаторы проявления современных геодинамических процессов, влияющих на распространение данных образований для этого региона.

Ключевые слова: криогенные гидраты природного газа, оледенение, перигляциал, многолетнемерзлые породы, неотектоника, Северная Аляска, дельта р. Маккензи, море Бофорта, квартер.

DOI 10.34756/GEOS.2021.16.37848

Введение

Гидраты природного газа являются нетрадиционным углеводородным ресурсом, в большей степени ресурсом будущего. С этих позиций к ним приковано внимание и ученых, и экономистов, и технологов. Основной объем гидратов природного газа сосредоточен в морских акваториях, на континентальных склонах и континентальных подножиях с мощной толщей осадков. Много работ посвящено количественной оценке, моделированию формирования и существования этих образований. Основное внимание исследователей обращено на современные характеристики известных залежей гидратов с позиции разработки природных ресурсов: термобарические условия, пути миграции, источники и состав газов, литология вмещающих пород, соленость поровых вод и другие параметры. Данная статья посвящена обзору литературы по криогенным гидратам природного газа (КГГ) – характерным образованиям четвертичного периода, сформированным в континентальных условиях и генетически связанных с криолитосферой. Хотя они составляют 2% от всех известных скоплений гидратов природного газа, но более доступны для разработки, чем глубоководные морские скопления гидратов природного газа. Эти образования распространены на полярных пассивных континентальных окраинах. Известны также значительные скопления КГГ на Тибете. Основным вопросом, обсуждаемым в статье является характеристика природных обстановок четвертичного периода и современности, в которых образовались и сохранились КГГ. Природная среда квартера разделяется на гляциальные и перигляциальные условия. Как известно, динамика климата квартера определяется сменой похолоданий, с некоторыми

из которых связаны оледенения, на более мягкие межледниковья. С этой цикличностью связано развитие криолитозоны. Выделенные обстановки (ледниковые и перигляциальные), в которых распространяются КГГ, обладают значительным разнообразием вследствие взаимодействия многих природных факторов (климата, тектонической активности, геологической ситуации, палеогеографии квартера) [Друщиц, Садчикова, 2017; Друщиц, Садчикова, 2018].

Криогенные гидраты природного газа, по всей вероятности, на суше были обычным явлением в холодные периоды квартера (криохроны). В постгляциальное время эти образования разделяются на стабильные и метастабильные. Стабильные КГГ находятся в зоне стабильности криогенных гидратов природного газа, которая обладает необходимыми и достаточными термобарическими условиями для их формирования и сохранения. Как правило, стабильные КГГ расположены над нефтегазовыми и угольными месторождениями. Метастабильные (реликтовые) КГГ локализуются в ММП, выше кровли зоны стабильности. Развитие их закончилось, но существование продолжается при сохранении льда в разрезе. Реликтовые КГГ концентрируются на глубинах до 150 м, состоят из биогенного метана [Якушев и др., 2003]. Изложенный в статье материал, в основном, касается природных процессов (ледниковых, криогенных и геодинамических), которые повлияли и/или влияют на сохранение или разрушение КГГ. К настоящему времени самыми известными и хорошо изученными залежами клатратной формы природного газа становятся КГГ континентальной окраины северо-запада Северной Америки: севера Аляски и северо-запада Канады (область дельты р. Маккензи-шельф моря Бофорта). Несмотря на территориальную близость, развитие этих залежей происходит по весьма различным природным сценариям.

Условия распространения КГГ на континентальной окраине севера Аляски и области дельты реки Маккензи и смежного с ней шельфа моря Бофорта

Регион моря Бофорта принадлежит к позднемезозойскому Амеразийскому бассейну (Канадская котловина) Северного Ледовитого океана. Море Бофорта имеет достаточно широкий шельф, окруженный прибрежными слабо дренированными низменностями. Река Маккензи – крупнейшая водная артерия северного побережья Америки (рис. 1), оказывающая огромное влияние на осадконакопление восточной части шельфа моря Бофорта в квартере. Зона присутствия криогенных гидратов природного газа на севере Аляски протягивается от дельты реки Колвилл до залива Прадхо, покрывая расстояние почти в 90 км. В районе дельты реки Маккензи скопления КГГ распространяются на шельфе почти на такое же расстояние.

Это пассивная континентальная окраина известная крупными нефтегазовыми месторождениями. Места распространения КГГ находятся под влиянием региональных тектонических процессов. Особенно четко проявляется современный

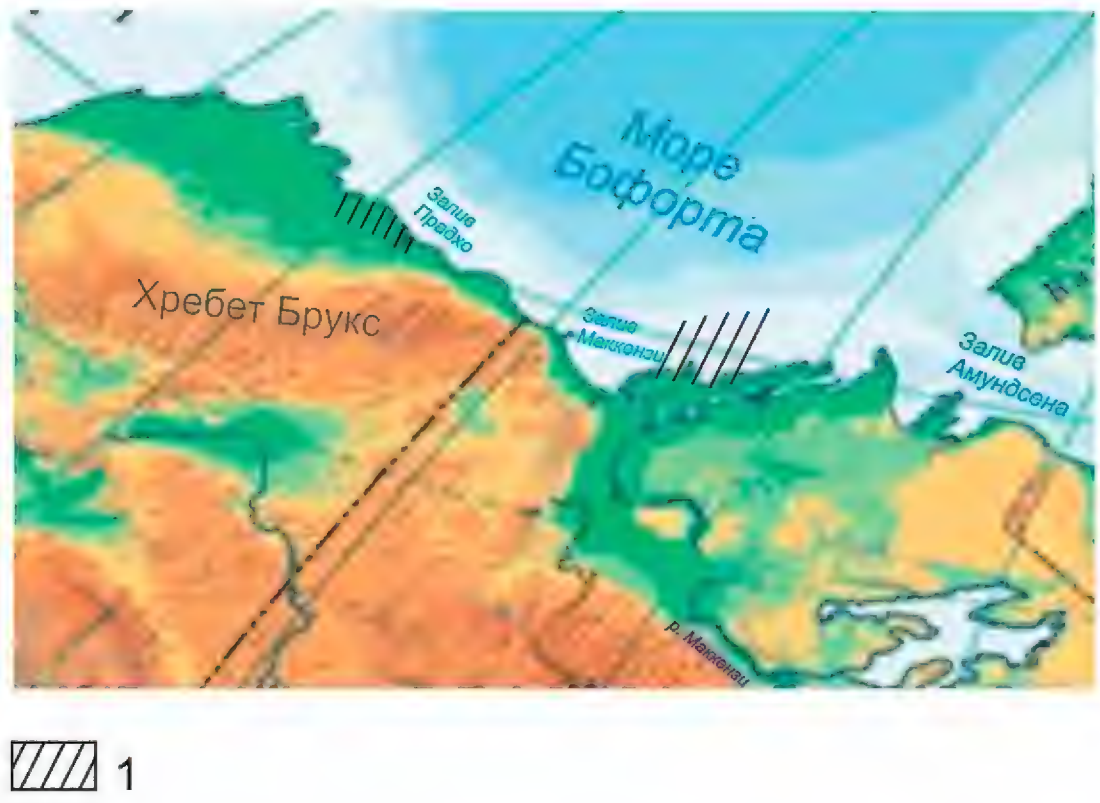


Рис. 1. Континентальная окраина Северной Аляски и континентальная окраина северо-запада Канады
1 – зоны распространения КГГ.
Fig. 1. Continental margin of the Alaska North Slope and Northwestern Canada
1 – gas hydrate area.

геодинамический режим (горизонтальные смещения, вызванные активными разломами, землетрясениями). Режимы растяжения или сжатия могут оказывать как прямое, так и опосредованное влияние на скопления клатратов (гидратов) природного газа. Побережье и шельф моря Бофорта опускаются [Mazzotti et al., 2008; Peltier et al., 2015].

В позднем кайнозое основными природообразующими факторами становится чередование ледниковых и межледниковых эпох (термохронов) и сопутствующих им регрессивных и трансгрессивных циклов. В ледниковья на континентальных пространствах вместе с многолетнемерзлыми породами над нефтегазовыми месторождениями формируются залежи или скопления КГГ, которые в межледниковья сокращаются или исчезают. КГГ могут скапливаться и в многолетнемерзлых породах (ММП) и под ними. Мерзлые породы одновременно служат и блокирующим экраном, и вмещающей толщей.

В настоящее время господствуют представления о том, что районы формирования КГГ относятся к зонам без каких-либо заметных проявлений лито- и геодинамических процессов. Тем не менее, анализ опубликованных материалов позволяет полагать о неоднозначности подобных представлений. Более того, кажущееся отсутствие неотектонической активности и северного побережья Аляски, и области дельты р. Маккензи объясняется отсутствием регулярных геодинамических исследований и стационарных пунктов наблюдений за сейсмичностью. В последние годы появились работы, где рассматриваются современные геодинамические процессы, затрагивающие скопления КГГ и смежные области. Зона сейсмичности с отдельными сильными землетрясениями, проходящая между областями распространения КГГ на Аляске и в районе дельты р. Маккензи, может генерировать отдельные импульсы сейсмической энергии, вызывающие оползни, обвалы осадков и значительные изменения в рельефе, которые вызывают разрушение КГГ [Dixit et al., 2017; Dixon et al., 2019].

На суше и на шельфе, где находятся залежи КГГ, ММП имеют сплошное распространение. При этом для зон КГГ характерны максимальные значения мощностей ММП, что позволяет клатратным соединениям природного газа сохраняться в межледниковья, что и наблюдается в настоящее время. В море Бофорта ММП, главным образом, локализуются во внутренней зоне шельфа и постепенно сокращаются в мощности и практически исчезают к краю шельфа. Такой же характер имеет и распространение КГГ, исчезая за пределами шельфа, где на смену им приходят морские гидраты природного газа, которые в большей степени зависят от давления [Burn, Kokeli, 2009; Jorgenson et al., 2015; Ruppel et al., 2016]. В квартере побережье и шельф Аляски развивались в перигляциальных условиях; область дельты р. Маккензи испытала смену перигляциальных и ледниковых обстановок.

На современном этапе обе области развиваются в идентичных природных обстановках межледниковья полярной зоны. Основная особенность региона – суровый, холодный климат. Для прибрежных низменностей северо-запада Северной Америки характерно распространение различных типов криогенного рельефа, таликов под речными руслами и относительно глубокими озерами. Озера занимают 30–35% площади низменностей. Побережье имеет сложное строение, оно ограничено цепью мигрирующих барьерных островов. Часть их – барьерные острова, другая часть – фрагменты четвертичных прибрежноморских аккумулятивных образований. Барьерные острова, образовавшиеся вследствие вдольбереговой миграции осадочного материала, в процессе перемещения изменяют термобарические условия, что может вызывать разрушение ММП.

Зоны распространения КГГ – зоны преобладающего влияния криогенных процессов.

Ледниковые процессы играли ведущую роль при формировании КГГ в криохроны. В настоящее время они определяют инертность в прошлом ледниковой зоны к современным природным изменениям. Криогенные процессы в значительной мере сохраняют стабильность скоплений КГГ. Геодинамические процессы с одной стороны обеспечивают устойчивость зоны стабильности КГГ, а с другой их активность способна вызывать деградацию ММП с последующим разрушением ММП. Ниже рассматривается влияние этих процессов на сохранение скоплений КГГ в различных регионах континентальной окраины северо-запада Северной Америки.

Криогенные гидраты природного газа на континентальной окраине Северной Аляски

Особенности геологии и тектоники. Северная часть Аляски состоит из складчато-надвигового пояса хребта Брукса, бассейна Колвилл (передовой прогиб), а поднятие Барроу отделяет микроконтинент от Канадского бассейна. Континентальная окраина покрыта плащом позднемезозойско-кайнозойских осадков толщи Брукс (рис. 2). Толща состоит из осадочного материала, поступавшего от хребта Брукс, и покрывает весь бассейн Колвилл и шельф. Толща Брукс слагается чередованием мелководных морских и дельтовых песчаников, содержащих горизонты аргиллитов, сланцев, углей и конгломератов. В раннем кайнозое центр

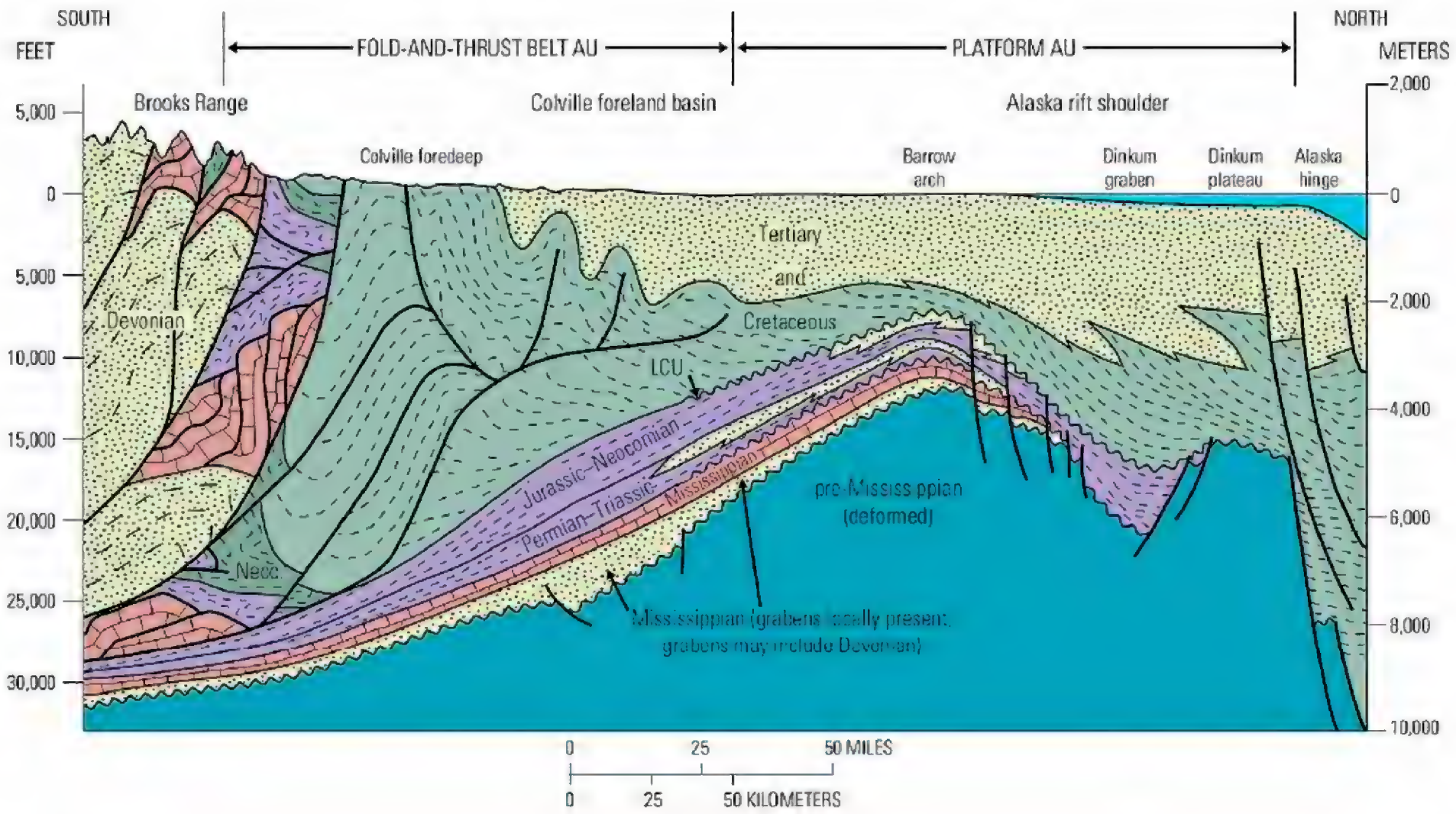


Рис. 2. Геологический разрез центральной части Северной Аляски, показывающий стратиграфические и структурные взаимоотношения от хребта Брукс до края шельфа моря Бофорта [Houseknecht et al., 2012]

AU – оценочные площади; LCU –нижнемеловое несогласие. Выше несогласия залегает толща Брукс.

Fig. 2. Cross section of the central Alaska North Slope showing generalized stratigraphic and structural relationships from the Brooks Range to the Beaufort Sea shelf edge [Houseknecht et al., 2012]

AU – assessment unit; LCU – Lower Cretaceous unconformity. The Brookian sequence is above LCU.

осадконакопления смещается к востоку вместе с погружением поднятия Барроу. Мощность толщи Брукс на поднятии изменяется от 500 до 2000 м. В северо-восточной части п-ова с помощью моделирования установлена миграция углеводородов на запад и на юг, в направлении нефтяных месторождений Купарук-Ривер и Прадхо-Бей, вызванная опусканием континентальной окраины в позднем кайнозое. Залежи КГГ приурочены к верхней части толщи Брукс (мощность этой части около 2 км). Общая мощность этой толщи около 6 км на суше и более 8 км на шельфе [Carmen, Hardwick, 1983; Schenk et al., 2012].

Тектоническую ситуацию на севере Аляски с конца мезозоя до современности определяют поднятие Барроу (зона растяжения, сопровождаемая активными разломами) и продвижение складчато-надвигового пояса хребта Брукса в северном направлении (рис. 3). Поднятие Барроу протягивается вдоль береговой зоны, смещаясь в сторону суши к месторождениям Купарук-Ривер и Прадхо-Бей, где обнаружены залежи КГГ. Тектонические нарушения зафиксированы на шельфе от устья р. Колвилл и далее на восток.

По строению осадочной толщи устанавливается, что северная часть Аляски испытывает наклон на северо-восток с эоцена до настоящего времени. Выявлены горизонтальные движения 0,1–1мм/год. [Carmen, Hardwick, 1983; Mazzotti et al., 2008]. Практически все открытые залежи КГГ сосредоточены в границах вала Барроу [Dixit et al., 2017]. Наиболее тектонически активная область расположена к востоку от залива Прадхо – континентальная окраина залива Кэмден (рис. 3). Наиболее четко фиксируется проявление современной геодинамической активности по землетрясениям (магнитуда ≥ 5), активным разломам в восточной части шельфа и растущей антиклинали, минимальным мощностям четвертичных и голоценовых осадков. Предполагается, что структура хребта Брукс генерирует здесь деформации, начиная с плиоцена и до настоящего времени [Moore, Box, 2016; Koehler, Carver, 2018]. Структура вала Барроу разделяет, нефтегазоносную область северной Аляски. На континенте открыто больше месторождений, особенно крупных. На шельфе при достаточно интенсивном исследовании сейсмическими методами и бурении открыто меньше нефтегазовых мелких месторождений. В итоге не стоит ожидать, что гигантские газонефтяные месторождения (например, Прадхо-Бей) имеют продолжение в акватории [Phrampus et al., 2014]. Воз-

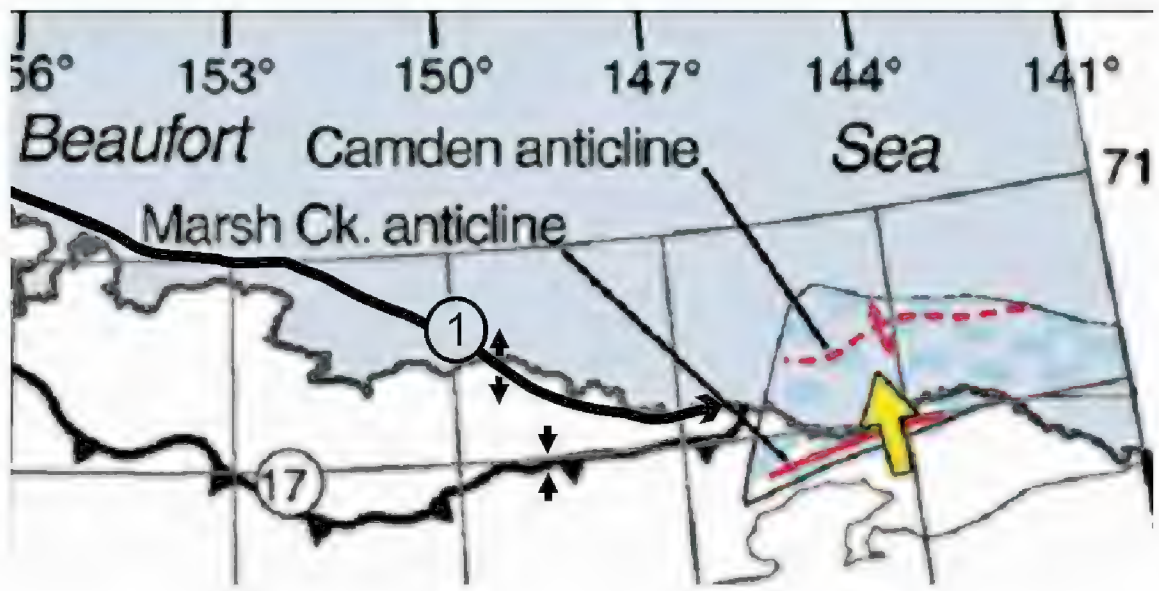


Рис. 3. Фрагмент геодинамической карты Аляски, показывающей распространение зон, находящихся под воздействием тектонических деформаций (15 млн л.н. – 0)

1 – поднятие Барроу; 17- складчато-надвиговый пояс хребта Брукс; стрелки – направление движения [Moore, Box, 2016 с дополнениями, Shenk et al., 2012].

Fig. 3. Fragment of geodynamic map of Alaska showing distribution of areas affected by deformation (15–0 Ma)

1 – Barrow Arch; 17 – Brooks Range deformation front; arrows – movement direction [Moore, Box, 2016, with addition from Shenk et al., 2012].

можно такая ситуация накладывает ограничения на распространение КГГ на шельфе.

Залежи КГГ и массивы ММП. На северном побережье Аляски выявлено почти 50 скважин с прямыми или косвенными признаками наличия КГГ. КГГ имеют неглубокое залегание. Месторождение Купарук Ривер – на глубинах 250–350 м; месторождение Милн Поинт – на глубинах около 600 м; месторождение Эйлин – на глубинах 550–650 м (рис. 4). В исследовательской скважине «Hydrate 01» горизонты, содержание КГГ, обнаружены в интервале глубин 760–934 м. Различные глубины нахождения КГГ в разрезе месторождений объясняются литологическими и структурными особенностями продуктивных толщ.

КГГ состоят из термогенного и биогенного метана, расположены как внутри ММП, так и под ними. По расчетным данным зона стабильности КГГ (термобарические показатели таковы, что КГГ могут образовываться и существовать) занимает практически все северное побережье Аляски (от хребта Брукс почти до края шельфа). Наибольшая мощность этой зоны смещена к восточной части северного побережья Аляски. Расчетная мощность зоны стабильности КГГ достигает почти 900 м, кровля залегает на 210 м, а подошва – на глубинах около 1200 м [Collett et al., 2011].

На практике, залежи КГГ открыты лишь на побережье между дельтой реки Колвилл и заливом Прадхо (рис. 4). Мощность ММП в пределах залежей газовых гидратов – 356–660 м. Мощности отложений, содержащих КГГ, изменяются от 3 до 31 м. КГГ (99% метана) концентрируются в структурно-стратиграфических ловушках. Формирование такого типа залежи обусловлено развитием осадочной толщи в прибрежной мелководной морской обстановке, осложненной системой стратиграфических несогласий и тектонических нарушений**.** Это особенно характерно для месторождений, содержащих КГГ и находящихся на прибрежной низменности. Гидраты аккумулируются в песчаниках и конгломератах дельтового и прибрежноморского происхождения эоценового возраста, заполняя на 85% поровое пространство. В некоторых случаях КГГ подстилаются осадками с угольными прослоями (уголь суббитуминозный) мощностью 6–15 м. Помимо ММП в этой области покрышкой могут служить прослои морских алевролитов вышележащей толщи. Залежи КГГ, следуя неотектоническим деформациям, погружаются на северо-восток [Roberts, 2008; Collette et al., 2011; Yonena et al., 2021].

На континентальной окраине севера Аляски КГГ зафиксированы и на суше, и на шельфе. Ширина шельфа 70–120 км, средний уклон 1 м/км. Сплошная локализация ММП ограничивается изобатой 20 м, далее их распространение имеет прерывистый и островной характер. Мощность ММП на внутреннем шельфе изменяется от 250 до 500 м. По электромагнитным измерениям установлено чередование мерзлых и охлажденных пород, обусловленное действием трансгрессивно-регрессивной цикличности.

На шельфе происходит деградация ММП, их распространение имеет мозаичное распространение. На взморье дельты реки Колвилл (вследствие речного стока) кровля ММП погружается на глубину 250–300 м от поверхности дна, мощность ММП равна 250–300 м. На взморье залива Прадхо кровля ММП залегает на глубине 100–150 м от поверхно-

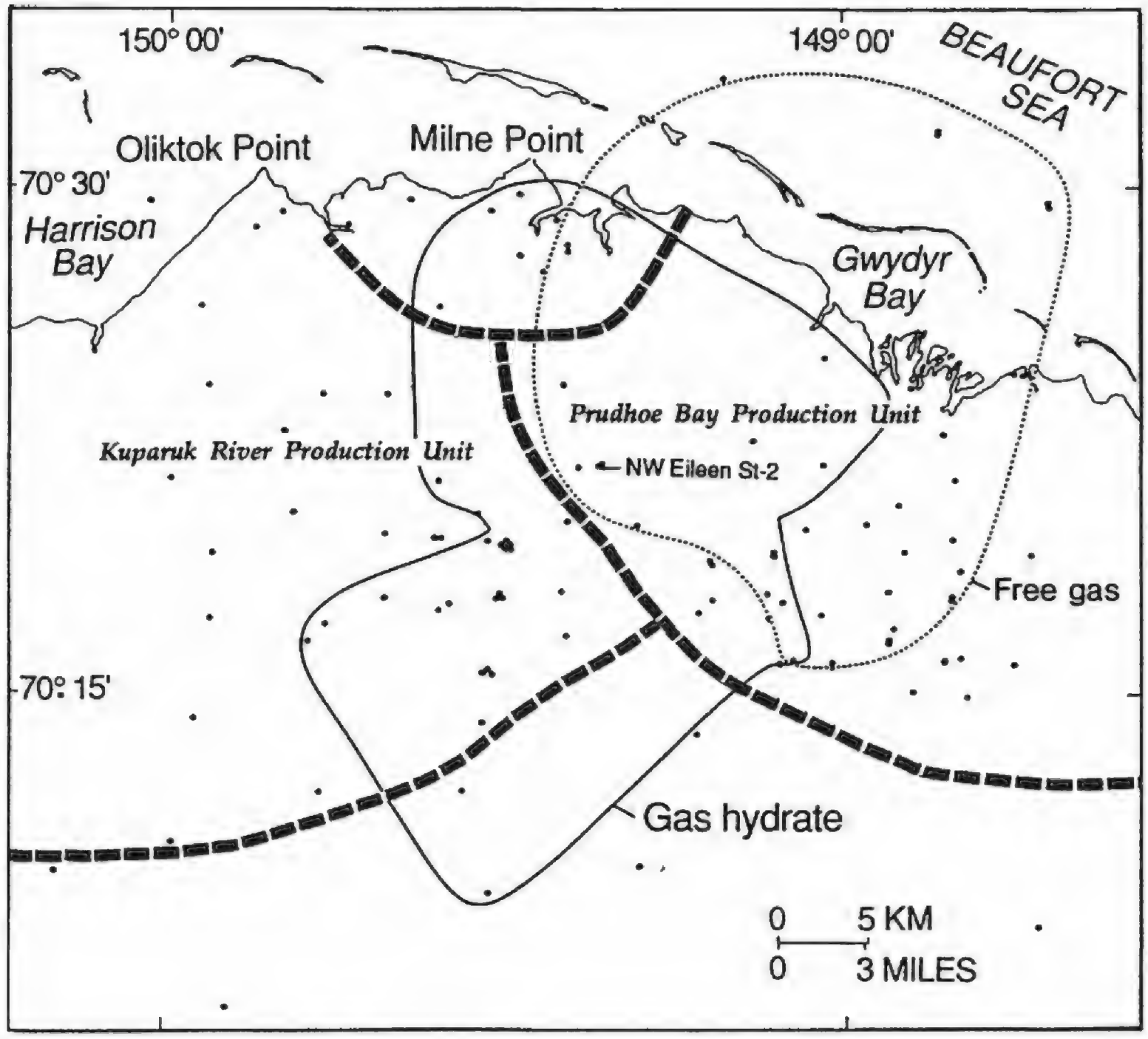


Рис. 4. Распространение газовых и газогидратных месторождений на северном побережье Аляски
Точки – положение скважин [Valin, Collett, 1992].
Fig. 4. Gas and gas hydrate field distribution on the Alaska North Slope
Points – well position [Valin, Collett, 1992].

сти дна, мощность мерзлых образований – около 300 м. [Sherman, Constable, 2018]. Проявления КГГ встречены на глубине воды 32 м, в осадочной толще ниже 533 м от поверхности дна и на глубине воды 50 м (на расстоянии 754 м от поверхности дна), на траверсе залива Кэмден, уже вне зоны сплошного распространения ММП. Если учитывать, что регион погружается в северо-восточном направлении, то залегание скоплений КГГ на указанных глубинах, подтверждает эту тенденцию. Именно такие глубины, где образовались и сохранились КГГ, определены наличием коллекторов, подобных залежам Прадхо-Бей. Предполагается, что сохранение КГГ в этих местах обусловлено и низкими значениями теплового потока [Phrampus et al.,2014].

По данным бурения и сейсмических исследований на шельфе, в зоне распространения барьерных островов (по-видимому, это реликты пелукской (казанцевской) трансгрессии) выявлена следующая тенденция в распределении ММП: они присутствуют на этих островах, практически исчезают позади них и имеют различные характеристики в лагунах [Ruppel et al., 2016].

Отмечается, что на северном шельфе Аляски наличие пингоподобных структур, и воронок газовых выбросов, и реликтовых КГГ до сих пор не зафиксировано. Измеренная эмиссия метана на шельфе наиболее интенсивна до 20-метровой изобаты. Газ термогенного происхождения с примесью биогенного, подобный по составу залежам КГГ на суше. Природный газ может мигрировать от газовых залежей к поверхности дна по тектоническим нарушениям, через «литологические окна», талики и криопэги. Возможно также, что потоки метана отражают разрушение КГГ [Phrampus et al., 2014; Brothers et al., 2016; Lorenson et al. 2016].

Природная обстановка квартера и современности. На рисунке 5 показаны основные черты современного ландшафта севера Аляски, которые

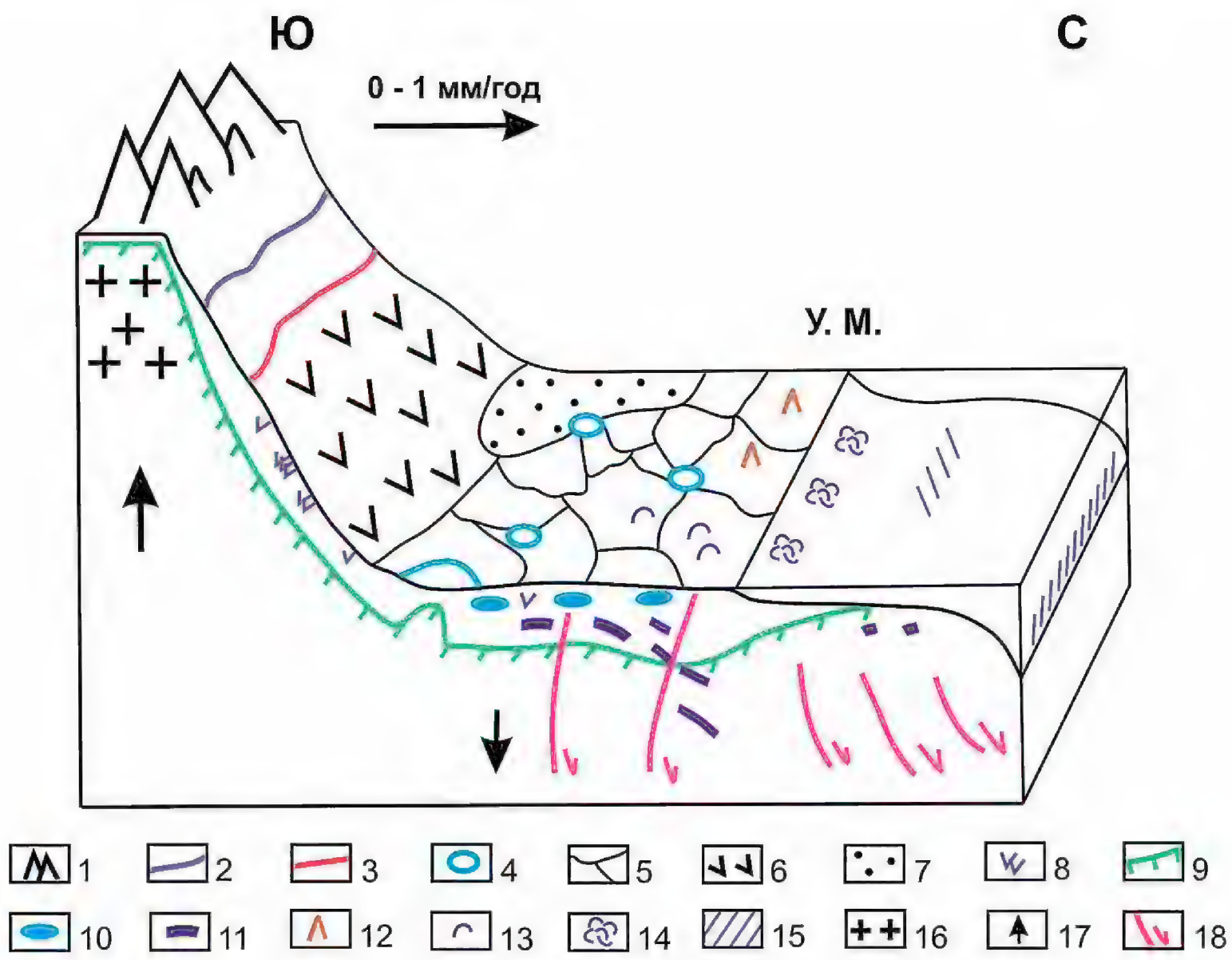


Рис. 5. Распространение КГГ и элементы природной среды на континентальной окраине северной Аляски

1 – горная система хребта Брукс; 2 – граница поздневалдайского оледенения (Last glacial maximum); 3 – граница средне-неоплейстоценового оледенения; 4 – озера; 5 – полигональный рельеф; 6 – едома; 7 – песчаный покров; 8 – жильный лед; 9 – подошва ММП; 10 – пластовый лед;; 11 – КГГ; 12 – дюны; 13 – пинго; 14 – эмиссия природного газа; 15 – оползни; 16 – коренные породы; 17 – направление тектонических движений; 18 – тектонические нарушения.

Fig. 5. Natural gas hydrates and recent environment features on the Alaska North Slope continental margin.

1 – Brooks Range; 2 – boundary of the Last Glacial Maximum; 3 – boundary of the middle Pleistocene glaciation; 4 – lakes; 5 – polygonal relief; 6 – Ice Complex (yedoma); 7 – sand sheet; 8 – ice wedge; 9 – permafrost base; 10 – massive ice;11 – natural-gas hydrate; 12 –dune; 13 – pingo; 14 – natural gas emission; 15 – landslide; 16 – bedrock; 17 – tectonic movement direction; 18 – tectonic dislocation.

формировались в течение четвертичного периода. Сохранились следы среднечетвертичного (более мощного) и позднечетвертичного оледенений на склонах хребта Брукса. Мощность четвертичных отложений меняется от 0 до 100 м. Залежи КГГ сформировались на прибрежной равнине. Они расположены на расстоянии 170–250 км от хребта Брукса и его подножия. И горная область, и подножие, и прибрежная низменность находятся в зоне сплошной криолитозоны различной мощности. Под озерами (глубиной ≥ 2м) существуют несквозные талики. На основании геофизических исследований установлено, что мощность таликов может достигать 91 м. В нижних течениях рек развиты и несквозные талики, и криопэги на глубинах 9–29 м. Вследствие резкого уменьшения речного стока зимой наблюдается интрузия морских вод вверх по течению до 50–60 км, после которой остаются небольшие карманы криопэгов. [Creighton et al., 2018; Stephani et al., 2020].

Характерной особенностью северного побережья Аляски является широкое распространение в пределах подножия хребта Брукс ледового комплекса (едомы) (возраст – 48,0–14,3 т.л.н.). Эта область получила название «алевритовый пояс». В ледовом комплексе ледяные жилы могут быть длиною до 35–40 м [Kanevskiy et al., 2011]. «Алевритовый пояс» расположен в пределах складчато-надвигово пояса хребта Брукс. По устному сообщению Ю.А. Лаврушина, эти мощные ледяные жилы могут рассматриваться как индикаторы процессов геодинамического сжатия приповерхностной части, земной коры находящейся в мерзлом состоянии. Теория возникновения подобных жил до сих пор не разработана.

На прибрежной равнине встречается пластовый лед – 1,5–3,0 м. В некоторых случаях мощность

такого льда может достигать 6–7 м, с шириной 15 м. Эти образования на острове Бартер прослеживаются на расстоянии около 2 км. Пластовые льды располагаются или непосредственно под активным слоем, или на глубине 6–8 м от дневной поверхности. Горизонты пластового льда сильно деформированы, имеют различную ориентацию в разрезе. Лед стратифицирован, содержит смятые в складки слои осадочного материала и отдельные включения песка и гравия [Kanevskiy et al., 2011]. Влияние ледника исключается. В данном случае такое распределение льда в осадочной толще может фиксировать процесс смещения в современной зоне деформации Кэнинг-Маккензи, в которую входит и о. Бартер. Эта зона является северо-восточным продолжением складчато-надвигово пояса хребта Брукс [Hutchinson et al.,2017]. Что подтверждается фиксацией землетрясения в этом районе в настоящее время.

Большие площади прибрежной низменности занимают песчаные покровы (возраст – середина позднего неоплейстоцена–голоцен). Эту область обычно называют «песчаное море». Массив дюн сформировался к западу от р. Колвилл. Материалом для него служат пески формации Губик плиоцен-четвертичного возраста, сформированные неконсолидированными аллювиальными, озерными отложениями с прослоями прибрежно-морских. Мощность песков этого массива может достигать15–30 м. Они не содержат значительного количества льда. Мощность ММП изменяется от 231 до 356 м. Массив интересен тем, что здесь располагаются около 1000 пинго. Считается, что пинго образовались на месте спущенных озер с несквозными таликами и только в тех местах, где талики подстилаются мощными горизонтами песка или гравия. Процесс образования заключается в промерзании этих таликов, что вызывает избыточное давление в оставшейся влаге и сдвижение ее к дневной поверхности. В результате под поверхностью пинго находится ледяное ядро. В настоящее время развивается гипотеза о том, что выброс осадков и льда происходит вследствие эмиссии внутримерзлотного газа или в результате разрушения КГГ [Walker et al., 1985; Kanevskiy et al., 2011; Jorgenson et al., 2015].

По данным сейсмического профилирования установлено множество нарушений, проникающих в осадки позднего кайнозоя, по северному ограничению поднятия Барроу. Начиная с глубин 60–70 м, формируется оползневой пояс по шарнирному сбросу внутреннего шельфа, который образовался в позднем кайнозое. Выделены оползни 2 типов: скользящих блоков и оползни послойного смещения. Оползни послойного смещения характерны для шельфа, смежного с залежами КГГ. Они могут иметь длину 10–43 км и мощность 70–230 м, горизонтальные смещения оползневых масс изменяются от 200 до 2300 м. Проявление оползневой активности фиксируется также на краю шельфа и в верхней части континентального склона, на глубинах 200–300 м, где мощность оползневых тел достигает 100–400 м [Craig et al., 1985]. В оползневой зоне обнаружено распространение приповерхностных тектонических нарушений активных в четвертичное время. Развитие оползневой активности приводит к резкому изменению давления в осадочной толщи, что может вызывать диссоциацию КГГ.

На основании геофизических измерений в районе о. Бартер установлено, что под дном лагуны происходит резкое опускание кровли ММП (на глубину от поверхности дна ≥ 22 м). Отмечается, что скорость деградации ММП составляет 4 см/год. Предполагается, что это может быть вызвано существованием талика под лагуной, образованного за счет летнего повышения температуры морской воды. Более того он может быть связан с обширным криопэгом на побережье [Pedrazas et al., 2020]. Опускание кровли ММП, может вызывать изменение термобарических условий. В результате – эмиссия внутримерзлотного газа и возможное разрушение скоплений КГГ.

Можно предполагать, что и в более ранние циклы затопления шельфа основное распространение КГГ ограничивалось прибрежной низменностью, как происходит в настоящее время. Вероятно, что сохранение ММП в зоне ограниченной 20-метровой изобатой объясняется более поздним затоплением этой территории в голоцене по сравнению с более глубоким шельфом. На шельфе, как указывалось выше, КГГ встречены на двух участках. Возможно, в области шельфа были распространены реликтовые КГГ, которые диссоциировали при затоплении шельфа. Скорость осадконакопления в голоцене – 0,06–0,08 см/год, что не способствовало увеличению давления и сохранению КГГ при повышении температуры донных осадков [Phrampus et al., 2014].

КГГ на северном побережье Аляски располагаются на относительно небольших глубинах от дневной поверхности и захватывают территорию нескольких нефтегазовых месторождений. Геологическое строение, активные разломы, режим растяжения сформировали условия для генерации природного газа, часть которого в течение четвертичного периода, в областях мощных ММП, попадая в зону стабильности, трансформировалась в гидраты. Эти образования находятся в стабильном состоянии: помимо покрова ММП они запечатываются и консолидированными породами. КГГ на севере Аляски формировались в относительно

стабильных перигляциальных условиях в течение квартера. Изменения касались поставки обломочного материала на прибрежные низменности. В стадию наступления моря формировались криопэги, которые вместе с таликами нарушали и нарушают толщу ММП. В настоящий момент северное побережье Аляски развивается в межледниковых условиях, и можно предположить, что и в более ранние термохроны КГГ, в стабильных условиях, могли сохраняться ≥ 10000 лет.

На шельфе севера Аляски КГГ практически нет, видимо, и в предшествующие межледниковья здесь происходило разрушение КГГ. КГГ установлены в зоне островного распространения ММП. Нет данных о развитии пингоподобных структур на шельфе, в то время как на побережье массивы гидролакколитов присутствуют на площадях занятыми КГГ. Не обнаружены и воронки газовых выбросов. Метан просачивается в водную толщу естественным путем, диффузионным и струйным процессами, также, в основном, до 20 метровых глубин.

Развитие на шельфе множества активных или реактивированных в квартере тектонических нарушений в большей степени способно влиять именно на скопления КГГ, как на достаточно уязвимое образование. Вертикальные движения в состоянии выводить их из зоны стабильности, как в процессе опускания, так и при воздымании. И горизонтальные, и вертикальные движения изменяют пути миграции природного газа. В результате залежь из стабильной может превратиться в реликтовую или вновь обратиться в скопление природного газа, либо в деградировать и мигрировать как газовый поток к поверхности дна.

Гравитационные процессы изменяют термобарические условия на отдельных участках шельфа. Развитие оползневой зоны по шарнирному сдвигу на внутреннем шельфе – яркий пример такого явления. В результате в осадочной толще происходит изменение термобарического режима, за счёт проникновение морских вод по плоскости отрыва и удаления блоков осадочного материала. В этой области не обнаружены ММП. Видимо, вместе с исчезновением ММП деградировали и КГГ.

Криогенные гидраты природного газа на континентальной окраине дельты р. Маккензи и смежном шельфе

Особенности геологии и тектоники. Дельта реки Маккензи расположена на границе Арктической Аляски и периферии Канадского кратона, в пределах складчато-надвигового пояса. В позднем миоцене на прилегающем к дельте р. Маккензи шельфе произошла реактивация юрско-меловых рифтовых дислокаций и палеоцен-раннеэоценовых структур складчато-надвигового пояса [Lane, 2002]. На юге субаэральная часть дельты ограничена зоной тектонических нарушений Эскимо Лейкс, которая является юго-восточным пределом осадочного бассейна восточной части моря Бофорта (рис. 6). Осадочный чехол (позд-

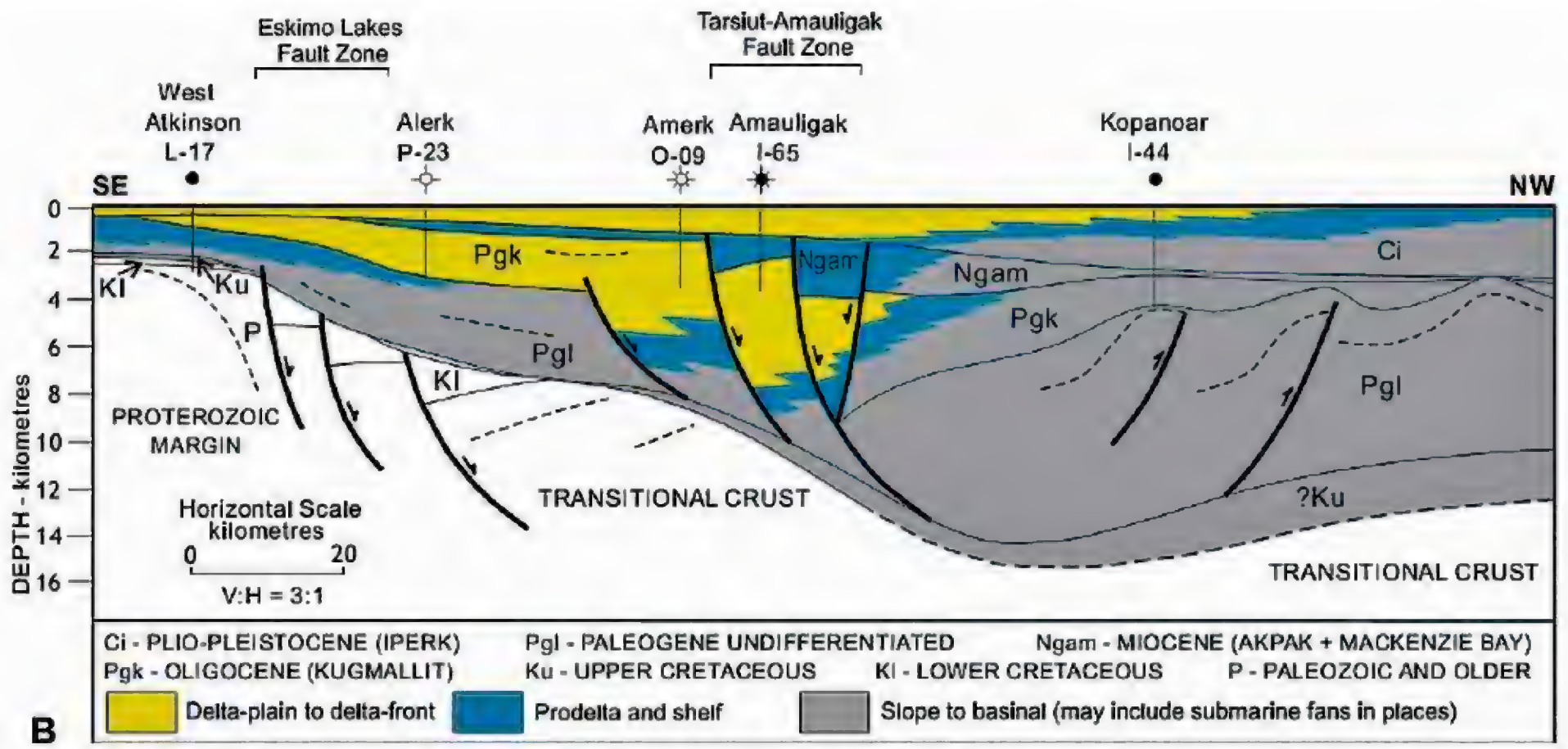


Рис. 6. Геологический разрез континентальной окраины области дельта р. Маккензи–шельф моря Бофорта, на северо-запад от п-ова Туктояктук [Dixon et al., 2019].

Fig. 6. Geological cross section of the Mackenzie–Beaufort Region continental margin northwest of the Tuktoyaktuk Peninsula [Dixon et al., 2019].

ний мел–квартер) достигает мощности 12–14 км. Более молодая разломная зона субширотного простирания (Тарсьют–Амолигак) разделяет бассейн относительно распространения позднекайнозойских тектонических нарушений. Активные деформации в этой зоне происходили в олигоцене и миоцене, некоторая реактивация структур произошла в плиоцене. Плиоцен-четвертичная толща несогласно залегает на кайнозойских и более древних отложениях, мощность ее на шельфе превышает 2 км. Разломные нарушения затухают в позднемиоценовых отложениях и не затрагивают плиоцен-четвертичную толщу, содержащую КГГ (рис. 6). Современный этап развития данной территории определяется как состояние в режиме сжатия, которое характеризуется незначительными деформациями в голоцене и в настоящее время, маломагнитудными землетрясениями (M≤ 5). Полоса сейсмичности пересекает п-ов Туктояктук, далее она направлена на север. Предполагается продвижение складчато-надвигового пояса в северном направлении со скоростью 5 мм/год [Hydman et al., 2005; Dinkelman et al., 2008; Dixon et al. 2019].

Залежи КГГ и массивы ММП. Дельта р. Маккензи и смежный шельф расположены в пределах нефтегазового бассейна. На суше, в дельте из 146 разведочных скважин в 25 обнаружены КГГ. На шельфе из 57 скважин 35 показали присутствие КГГ. По этому, достаточно представительному массиву данных можно полагать, что в этой области КГГ имеют более широкое распространение на шельфе. Все обнаруженные клатратные образования и на суше, и на шельфе находятся в зоне сплошных многолетнемерзлых пород [Majorowicz, Hanningen, 2000].

Мощная криолитозона распространена до глубин 60 м и постепенно выклинивается к внешнему краю шельфа. Мощность её меняется от 0 до 700 м, она резко сокращается к заливу Маккензи и к югу; максимум наблюдается на севере о. Ричардс и на прилегающем шельфе, к северо-востоку от острова, где сосредоточены КГГ [Burn , Kokelj. 2009; Riedel et al., 2015]. КГГ на о. Ричардс находятся под ММП, в береговой зоне, в интервале глубин 770–1103 м (скважины Маллик, Ивик, Таглу). Залежи сформировались в антиклинальных ловушках (в песчаниках олигоценового возраста). В данном случае покрышкой служит мерзлота. Залегающая выше миоцен-четвертичная толща представлена неконсолидированными дельтовыми и морскими песками и алевритами с прослоями гравия. На шельфе отложения, содержащие КГГ, залегают в многолетнемерзлой толще и под ней на глубинах, начиная от 500 м от дна и до 1200 м. Кровля ММП находится на глубине 100 м от поверхности дна приблизительно до 20-метровой изобаты. Предполагается, что это явление вызвано распространением вод р. Маккензи. На глубинах 20–60 м положение кровли ММП находится около 50 м от поверхности дна. Далее происходит постепенное поднятие и кровли, и подошвы ММП, и они постепенно выклиниваются на глубине 95м [Tailor et al., 2014].

Скопления КГГ на шельфе локализуются в стратиграфических ловушках (дельтовой толщи), в песках и гравии плиоцен-четвертичного возраста и в структурных (антиклинальных и тектонически экранированных) ловушках, в песчаниках олигоцен-миоценового возраста. Отложения шельфа вне береговой зоны содержат выдержанные горизонты алевролитов и аргиллитов, которые вместе с ММП образуют покрышки для КГГ. По результатам бурения установлено наличие многолетнеохлажденных пород под подошвой ММП. Также существует некоторая связь отложений трансгрессивно-регрессивных циклов со степенью насыщения их льдом. Для глинистых горизонтов трансгрессивных стадий иногда отмечается отсутствие льда, а в осадках регрессий часто лед присутствует в основании разреза. [Majorowicz, Hanningen, 2000; Blasco et al., 2013].

Природная обстановка квартера и современности. Распространение КГГ в дельте р. Маккензи и на прилегающем шельфе показано на рисунке 7.

Границы распространения покровных оледенений, особенно поздненеоплейстоценовых, являются дискуссионным вопросом для северо-запада Канады. Эта область и прилегающий шельф большую часть квартера развивалась в перигляциальных условиях. Признается присутствие ледника в плиоцене. Относительно распространения Лаврентийского ледникового щита в позднем неоплейстоцене имеются разногласия. Одними исследователями определяется протяжение ледника до дельты р. Маккензи в раннем Висконсине (валдае), другими − в позднем Висконсине (валдае). Для существования КГГ определяющее значение имеет последнее оледенение, когда существенно менялись термобарические условия. Границы последнего ледникового максимума (поздний валдай) тоже не фиксируются однозначно. Предполагается, что район дельты р. Маккензи и прилегающий шельф покрывался ледником мощностью 100–300 м [Murton, 2009]. В более поздних работах указывается [Batchelor et al., 2013], что о-в Ричардс (восточная часть дельты) находился во фронтальной части Лаврентийского щита, шельф оставался свободным ото льда (рис. 8).

Независимо от времени захвата ледником района дельты р. Маккензи, видимо, на шельф прони-

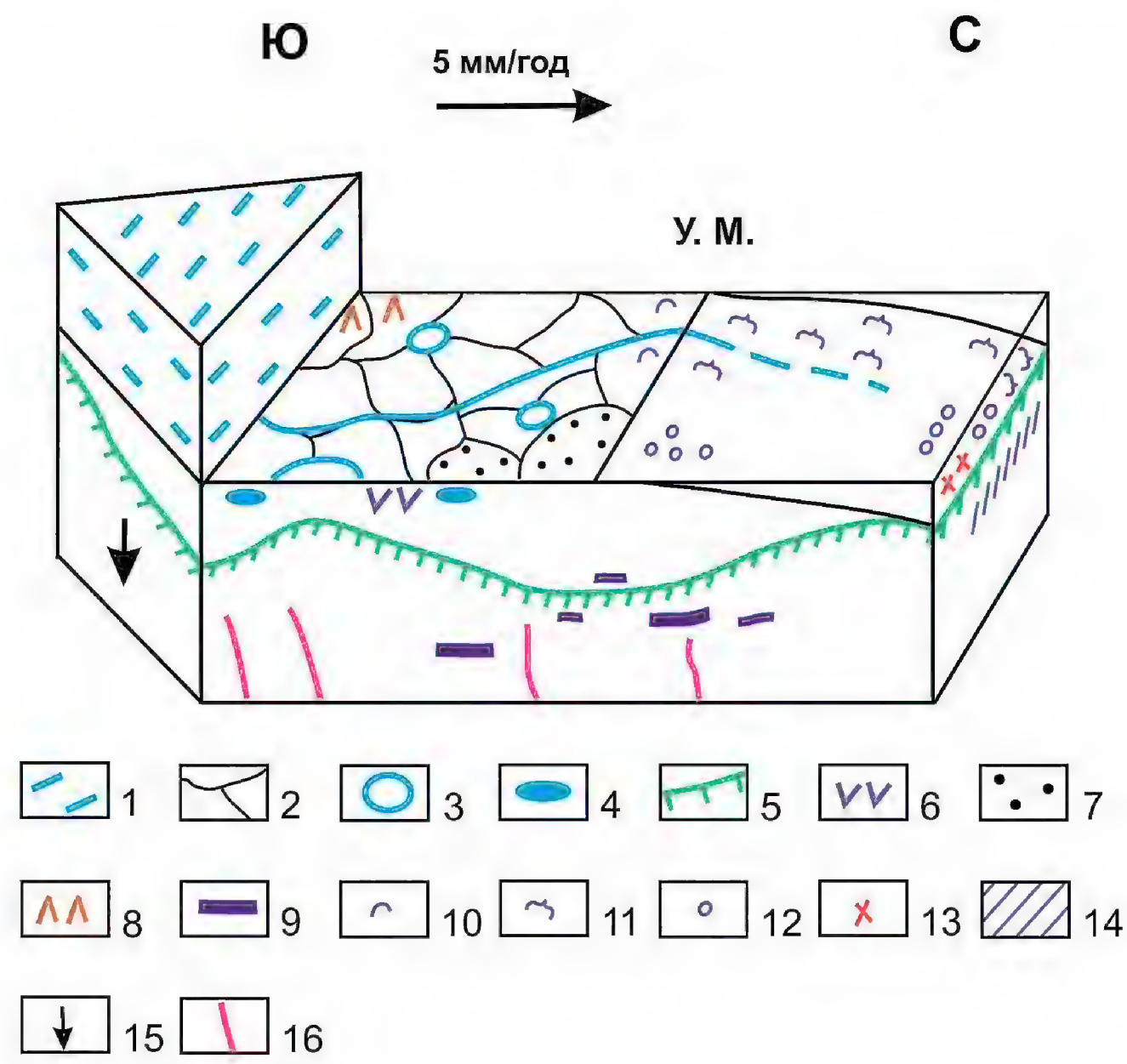


Рис. 7. Распространение КГГ и элементы природной среды в дельте р. Маккензи и на прилегающем шельфе

1 – предполагаемое положение поздневалдайского ледника; 2- полигональный рельеф; 3 – озера; 4 – пластовый лед; 5 – подошва ММП; 6 – жильный лед; 7 – песчаный покров; 8 – дюны; 9 – КГГ; 10 – пинго;11 – пингоподобные структуры; 12 – газовые воронки взрыва; 13 – грязевые вулканы; 14 – оползни; 15 – направление тектонических движений; 16 – тектонические нарушения.

Fig. 7. Natural gas hydrates and recent environment features in Mackenzie delta and adjacent shelf

1 – inferred ice sheet margin during Last Glacial Maximum; 2 – polygonal relief; 3 – lake; 4 – massive ice; 5 – permafrost base; 6 – ice wedge; 7 – sand sheet; 8 – dune; 9 – natural gas hydrates; 10 – pingo; 11 – pingo-like features; 12 – pockmarks; 13 – mud volcano; 14 – landslide; 15 – tectonic movement direction; 16 – tectonic dislocation.

кали отдельные гляциальные потоки. Более того, предполагается, что этот процесс продолжался относительно короткий срок от 17,5 до 15,0 т.л.н. Основная активность проявлялась в термохроны в действии флювиогляциальных потоков, приуроченным к трогам заливов (залив Маккензи, Ливерпульский залив, залив Амундсена) [Batchelor et al., 2013].

Современная дельта, прилегающая к заливу Маккензи, имеет голоценовый возраст. Ее восточная часть, видимо, находилась в пограничной зоне Лаврентийского ледникового щита и, вероятно, подвергалась воздействию окраинного маломощного ледникового покрова (5–300 м).

В дельтовых отложениях встречаются пластовые льды, широко распространены повторножильные льды. Пластовые льды о. Ричардс и п-ова Туктояктук могут иметь мощность 2–10 м, залегать между глубинами 6–25 м, реже – на глубинах ≥ 46 м. Чаще можно обнаружить линзы и прослои льда мощностью 0,5–1 м. Горизонты пластового льда часто смяты в пологие складки. На востоке о. Ричардс блоки пластового льда формируют холмистый рельеф. Холмы высотой 20–30 м и длиной до 800 м в основании содержат лед мощностью около 10 м и более.

Большое количество доказательств гляциодинамических дислокаций обнаружено на п-ове Туктояктук. В обнажениях часто встречаются льды, залегающие наклонно, смятые в складки и раздробленные в результате ледниковой деформации. Там же встречаются толщи ММП, деформированные глубину 5–20м (протяженность 20–300 м) фронтальными лопастями поздневалдайского ледника. В разрезе гляциотектонит состоит из массива, где верхний слой – 2–5 м кол-

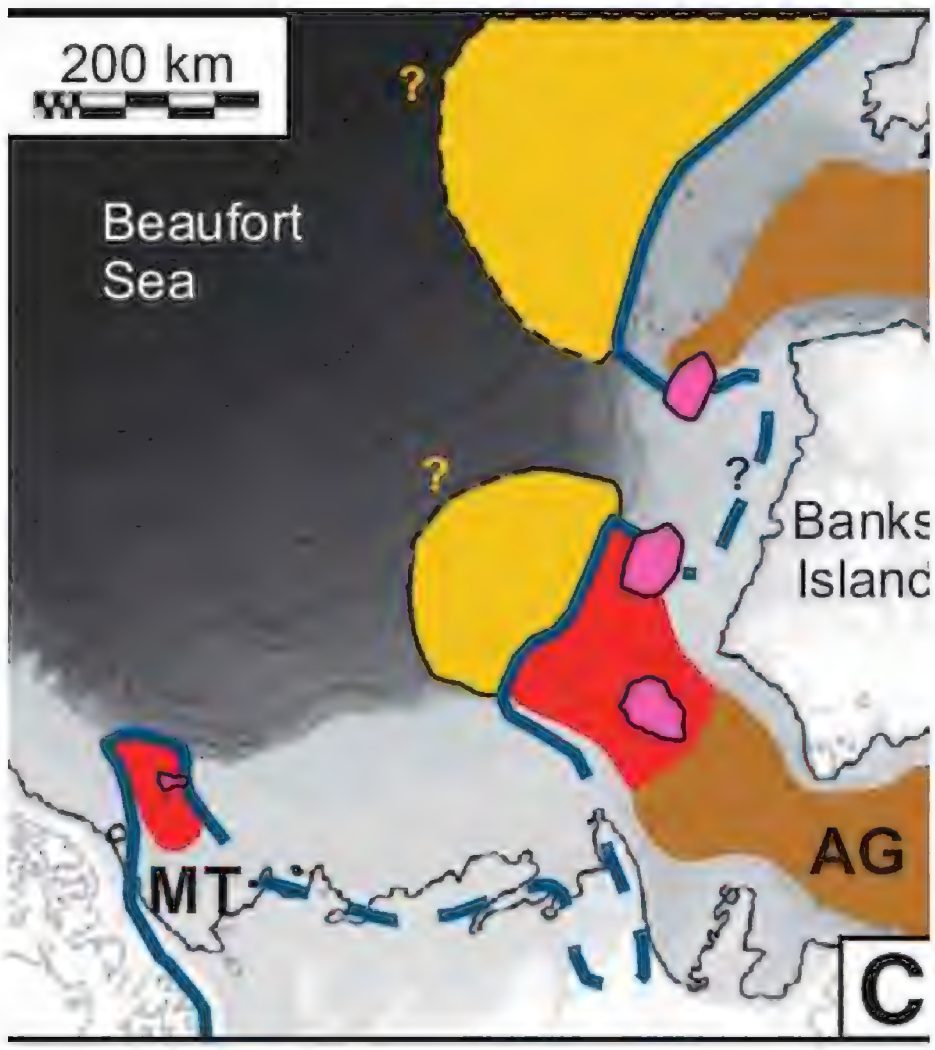


Рис. 8. Граница поздневалдайского ледника (синяя линия) и его зоны эрозии и аккумуляции в районе дельты р. Маккензи [Batchelor et al., 2013]

MT–ледниковые поток залива Маккензи; AG–ледниковый поток залива Амундсен с конусом выноса; на севере – пролив Мак-Клур. Зоны эрозии показаны коричневым цветом, ледниковые отложения – красным цветом, конусы выноса – желтым.

Fig. 8. Ice sheet margin during Last Glacial Maximum (blue line) and zones of erosion and deposition in delta Mackenzie area [Batchelor et al., 2013]

MT– Mackenzie Bay ice stream; AG – Amundsen Gulf ice stream and fan; on north – M'Clure Strait ice stream. erosion in brown, subglacial till in red, trough-mouth fans in yellow.

ловия, далее – насыщенный льдом диамиктон с грубым материалом с отдельными блоками льда, с жильным льдом. В основании разреза залегает смятая в складки толща льда (около 4 м), которая подстилается оползневыми отложениями. Массив льда может быть как базальным ледниковым, так и внутриседиментационным пластовым [Dallimor et al., 1996; Murton et al., 2004]. Типичный разрез отложений, содержащих пластовый лед (по данным бурения), на п-ове Туктояктук состоит из торфа, подстилаемого песком (2м); 10 м сегрегационного льда с прослоями песка; глины с гравием с прослоем льда (3 м); гляциального льда 14 м [Rampton, 1988; Calvert et al., 2001].

По этим данным можно судить о значительных деформациях четвертичных отложений в результате ледниковой активности, вследствие чего сохранение реликтовых КГГ в зоне действия ледника становится маловероятным.

Огромные массы осадочного материла перемещались Лаврентийским ледником к восточной части моря Бофорта, создавая области лавинной седиментации в квартере. На поверхности дельты встречаются дюны (30–13 т.л.н.) и песчаные покровы (14–8 т.л.н.). Значительные массы песка (возраст 70–27 т.л.н.), переносимые эоловыми процессами, образовались в результате функционирования крупной флювиальной системы, которая состояла из двух систем: Палеопоркьюпайн и Палеомаккензи, которые потом разделилась на несколько рек, в том числе р. Маккензи. Данная система перемещала в море Бофорта и аллювий, и флювиогляцианые осадки. Эти флювиальные отложения послужили материалом для образования и дюн, и песчаных покровов [Murton et al., 2017].

Талики мощностью 20–40 м обнаружены под мелкими озерами (глубина ≤ 2 м) диаметром 100–200 м. Под крупными озерами формируются талики, глубина которых установлена на основании данных бурения и моделирования, и может достигать 300 м. Предполагается, что эти молодые озера не имеют аналогов на шельфе. В нижнем течении р. Маккензи, под распределительными рукавами выявлены сквозные талики [Majorowicz et al., 2015; Stephani et al., 2020]. Одним из объяснений больших глубин подозерных таликов может быть взрывная миграция природного газа из внутримерзлотных отдельных скоплений или свободного метана, либо газа из разрушенных КГГ.

Область дельты р. Маккензи считается самой насыщенной гиролакколитами в мире. Высота их изменяется от 1 до 23 м, диаметр – от 20 до 980 м. Центральная часть структуры содержит массивный лед, который образуется путем выдавливания оставшейся воды талика. Обычно, эти структуры возникают на месте дренированных озер, которые подстилаются толщей песков. Предполагается, что они начали формироваться в голоцене, некоторые из них продолжают расти в настоящее время.

На шельфе распространены пингоподобные структуры, они концентрируются между трогами. Предложена модель образования пингоподобной структуры на шельфе. В отличие от субаэральных пинго, подводные гидролакколиты имеют высоту около 18 , диаметр 1–2 км, окружены рвом глубиной 10–20 м и тектоническими нарушениями. Пингоподобные структуры сложены доголоценовыми осадками, содержащими около 30% пресного льда. Над этими структурами зафиксированы повышенные концентрации биогенного метана. Считается, что эти структуры образуются вследствие диссоциации внутримерзлотных (видимо, реликтовых) КГГ [Paull et al., 2007]. Следует ска-

зать, что эти структуры сформировали подводный ландшафт голоценового возраста, обусловленный миграцией природного газа, из разрушенных КГГ. Также на шельфе встречаются глиняные диапиры, обнаружено множество воронок газовых выбросов (pockmark), происхождение которых связано либо с эмиссией приповерхностного биогенного метана, либо с диссоциацией КГГ. Стоит обратить внимание на формирование и положительных (пингоподобные структуры), и отрицательных форм рельефа (воронки газовых выбросов), происхождение которых связывают с диссоциацией КГГ. Первые, как указывалось выше, отличаются медленным ростом за счет выдавливания мерзлых осадков, насыщенных газом к поверхности морского дна. Происхождение воронок газовых выбросов объясняют активностью нескольких процессов, в основе которой лежит перемещение газовых флюидов различными путями в водную толщу. Это могут быть выходы газа через литологические окна, талики, тектонические нарушения. Землетрясения могут провоцировать значительные выбросы. После эмиссии газа осадки, затронутые этим процессом, проседают, и образуется воронка. Источником природного газа могут служить КГГ.

Особенная динамическая активность наблюдается на внешнем шельфе и в верхней части континентального склона (100–300 м), где выклиниваются и ММП, и КГГ. Здесь обнаружено 40 активных мест разгрузки природного газа, 700 грязевых вулканов. Предполагается, что они образовались в позднем голоцене, в ответ на затопление шельфа. Окраина шельфа демонстрирует массовое перемещение осадков (крип), которое в разрезе фиксируется по трещинам растяжения и растущим разрывам. Край шельфа и континентальный склон – область развития оползневых процессов, обнаружены массивы блоков. В некоторых случаях оползневые тела покрыты отложениями зерновых потоков [Blasko et al., 2013; Saint-Ange et al., 2014].

Стоит обратить внимание на значительный сток реки Маккензи и насыщение пресной водой порового пространства шельфовых отложений за счет руслового и подруслового стока, дельта остается пресноводной в течение всего года. Доказано существование мощной системы подземных вод на шельфе, которая могла образоваться либо в дочетвертичное теплое время, либо за счет ледниковых вод и участвовать в формировании КГГ. Шельф отличается весьма высокими скоростями осадконакопления в голоцене – 0,8 см/год [Gwiazda et al., 2018; Stephani et al., 2020; Phramus et al., 2014].

Область дельты р. Маккензи и прилегающего шельфа представляет собой протяженный массив сплошного распространения мощных ММП. Большая часть скоплений КГГ аккумулируется на шельфе. КГГ субаэральной части дельты р. Маккензи залегают только под покрышкой ММП. Этим и развитием в пограничной гляциальной обстановке объясняется лимитированная часть скоплений КГГ на суше по сравнению с шельфом.

Область дельта р. Маккензи-шельф в квартере эволюционировала при активной динамике природных процессов. В течение четвертичного периода фронт Лаврентийского ледника находился либо в непосредственной близости от территории современной дельты, либо оказывал влияние через флювиогляциальные и/или аллювиальные системы потоков. В результате был сформирован мощный покров отложений мощностью 2–4 км.

Нефтегазовый бассейн дельта Маккензи – шельф моря Бофорта веерообразно расширяется на континентальном шельфе. Тектонические ограничения бассейна почти совпадают с ледниковыми структурами (трог залива Маккензи, трог залива Амундсен). Начиная с плиоцена, в этой области происходит катастрофическое изменение климата в сторону похолодания. На фоне этого события происходит неоднократное наступание ледникового щита, развитие льдов на шельфе, что привело к формированию мощной толщи ММП. КГГ в дельте сохранились на большой глубине в стабильных условиях. Метастабильные КГГ либо не могли образоваться, либо начали разрушаться в голоцене. Происхождение газовых воронок взрыва, пинго, пингоподобных структур, грязевого вулканизма, глиняных диапиров связано с изменением термобарических условий, которые после исчезновения ледника испытывают влияние современного геодинамического режима и климатических изменений.

Основная масса и нефтяных, и газовых залежей, и скоплений КГГ имеет место на шельфе. Можно предположить, что под воздействием и ледникового покрова, и надвигово пояса углеводороды мигрировали из континентальных ловушек на север, на шельф. ММП формировались в субаэральной обстановке, во фронтальной зоне ледника. Под влиянием относительно теплой водной массы кровля ММП опускается, а вышележащая толща переходит в многолетнеохлажденное состояние. Слоистое строение криолитосферы даже при незначительных уклонах поверхности шельфа провоцирует медленное скольжение слоя многолетнеохлажденных в сторону океана. При достижении осадками края шельфа этот процесс переходит в оползневой и генерирует мощные выбросы природного газа различного генезиса (внутримерзлотного, подмерзлотного и из разрушенных КГГ).

Обсуждение

Все известные залежи и скопления КГГ приурочены к нефтегазовым месторождениям. Нефтегазовые бассейны начинают формироваться задолго до четвертичного времени. В течение развития этих структур создаются коллекторские толщи, пути миграции флюидов и покрышки. На прибрежных низменностях и шельфе моря Бофорта четко проявилось влияние природных изменений в квартере на формирование и сохранение КГГ.

Вышеизложенный материал позволяет выделить ключевые природные позиции, которые оказывают существенное влияние на устойчивость и уязвимость отложений, содержащих КГГ (таблица).

По приведенным в таблице характеристикам условий существования КГГ на современном этапе эволюции арктического региона можно судить о различие в перспективе их сохранения. В течение четвертичного периода (в криохроны) наличие природного газа и ловушек, сформированных в раннем кайнозое, привело к образованию гидратов в области прибрежных низменностей и шельфа моря Бофорта. Появились массивы мощных ММП. На континентальной окраине севера Аляски стали аккумулироваться КГГ на меньших глубинах, чем в районе дельты Маккензи. Современная геодинамическая ситуация региона (в зонах со скоплениями КГГ) в общих чертах мало чем отличается. Однако, наблюдаются отличия в магнитуде землетрясений и в скорости горизонтальных смещений, что обособляет неотектонический сценарий развития района дельта р. Маккензи – шельф моря Бофорта. Это проявляется в рельефе и прибрежной низменности, и шельфа. В тоже время присутствие современных активных разломов на севере Аляски с одной стороны создает возможность постоянного притока природного газа к клатратным скоплениям, а с другой провоцирует нарушения целостности осадочного чехла, приводя к изменению давления и разрушению КГГ.

Поверхностные и подземные воды изменяют строение массива ММП и косвенным образом влияют на стабильность КГГ. Поверхностный

Таблица. Основные характеристики залежей КГГ и возможные процессы, приводящие к их разрушению

ОБЛАСТЬ / ХАРАКТЕРИСТИКИ	СЕВЕРНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ АЛЯСКИ		ДЕЛЬТА МАККЕНЗИ–ШЕЛЬФ МОРЯ БОФОРТА	
	СУША	МОРЕ	СУША	МОРЕ
Мощность ММП (м)	350–660	250–500 (до глубины 20 м)	700	700 (до края шельфа)
Глубина залегания кровли КГГ (м)	250–600	533,754	770–820	500–1200
Магнитуда землетрясений	3,5	3,5	≤5	≤5
Направление вертикальных движений	↓	↓	↓ 4 мм/год	↓
Скорость горизонтальных движений (мм/год)	0.1–1,0	0,1–1,0	5,0	5,0
Распространение пинго	+	—	+	+ (пинго подобные структуры)
Воронки газовых выбросов	—	—	+	+
Эмиссия метана	+	До изобаты 20 м, на глубине 300 м	+	90–120 м
Оползни	Редкие (в береговой зоне)	На глубинах 60–70 м и 200–300 м	П-ов Туктояктук, по ледниковым отложениям	На глубинах 120–300 м
Грязевые вулканы, глиняные диапиры	—	—	—	+
Подземные воды	Криопэги, талики	Талики	Талики	Пресноводный бассейн
Скорость осадконакопления в голоцене (мм/год)	0,4—1.3	0,6–0,8	—	8,0
Скорость поднятия уровня моря (мм/год)	—	2	—	3

речной сток на шельфе моря Бофорта вызывает деградацию ММП по кровле. Характерное явление для полярных областей – талики: нарушают ММП и вызывают диссоциацию КГГ. В зоне КГГ, на Аляске большое распространение получили криопэги, в то время как на востоке региона пресноводный подземный сток поддерживает стабильность ММП и косвенно влияет на продолжительность существования КГГ.

На формирование ММП значительное влияние оказало оледенение поздневалдайского времени. Северная часть дельты р. Маккензи и прилегающий шельф располагались во фронтальной зоне Лаврентийского щита весь четвертичный период и ММП достигали, видимо, мощностей значительно превышавших наблюдаемые величины сегодня. Несмотря на современное разрушение ММП и по кровле, и по подошве, они остаются мощной покрышкой для КГГ. Одним из факторов, определяющих стабильность залежей и скоплений КГГ, является скорость осадконакопления. Область шельфа смежного с дельтой р. Маккензи является областью лавинной седиментации. Это создает избыточное давление в осадочном чехле и укрепляет зону стабильности КГГ. И скорость осадконакопления, и скорость подъема уровня моря учитывается при моделировании распространения ММП на шельфе.

Поздневалдайское оледенение ограничивалось верхней частью хребта Брукс. Единичные ледники спускались по долинам, не выходя за пределы горного подножия. Однако залежи КГГ расположены близко к северо-восточному окончанию этого хребта, где ледники ближе всего подходили к побережью. И здесь сформировались самые мощные ММП. Если предположить, что мощность ММП на шельфе севера Аляски после поздневалдайского криохрона была меньше, чем на взморье дельты р. Маккензи. Тогда, возможна версия, что современная трансгрессия влияет на деградацию ММП на шельфе, и их распространение имеет прерывистый или островной характер. Вероятно, и влияние открытия Берингова пролива (13–11 т.л.н.) с проникновением теплых тихоокеанских вод на акваторию северной Аляски. Однако этот эпизод в истории развития шельфа моря Бофорта остается дискуссионной проблемой. Массив ММП, развитый на шельфе, в регрессивную стадию уже был нарушен подрусловыми, подозерными таликами. Малые скорости осадконакопления не смогли предотвратить процесс деградации ММП. В последниковую трансгрессию сплошное залегание ММП превратилось скорее в островное, чем в прерывистое. Об этом свидетельствуют единичные случаи обнаружения стабильных КГГ на шельфе. Реликтовые КГГ, как уязвимое образование, могли исчезнуть уже на начальных этапах трансгрессии на фоне действия активных тектонических нарушений.

В настоящее время природные обстановки и на континентальной окраине Аляски, и в дельты р. Маккензи, в местах локализации КГГ относятся к полярной зоне (рис.5, рис.7). На современном этапе развития, в моноклиматической ситуации, обе области обладают подобными предпосылками для сохранения залежей КГГ при развивающемся потеплении. Их сосредоточенность в стабильных условиях суши под мощными ММП, на различных глубинах, или на шельфе с дополнительным давлением водной толщи и при активном осадконакоплении позволяет предполагать, что КГГ на континентальной окраине моря Бофорта могут просуществовать продолжительное время.

Если исходить из положения, что КГГ в ледниковые периоды были обычным явлением, возникает вопрос, – сохранились ли на континентальной окраине моря Бофорта реликтовые КГГ. В дельте р. Маккензи, вероятно, динамика края ледника не позволила законсервироваться значительным площадям реликтовых КГГ на суше. В то время как шельфовые пространства, видимо, были насыщены и реликтовыми КГГ, и внутримерзлотными газами. Процесс их разрушения является отражением процессов активной геодинамики (оползни, воронки газовых выбросов, грязевой вулканизм, глиняные диапиры, пингоподобные структуры). В области континентальной окраины северной Аляски, на шельфе реликтовые КГГ, видимо уже деградировали во время действующей послеледниковой трансгрессии. КГГ на прибрежной низменности залегают на небольших глубинах, но в зоне стабильности. По-видимому, не было необходимых и достаточных условий для образования КГГ на меньших глубинах в позднем валдае.

По времени образования КГГ можно разделить на две группы. Первую, раннюю, следует назвать **эпикриогенной**. КГГ этой группы образовались в кайнозойских отложениях на начальной стадии формирования криолитозоны. КГГ второй группы следует считать **синкриогенными**. Они аккумулировались непосредственно в мерзлых породах квартера.

По характеру распределения КГГ в разрезе осадочной толщи обеих областей выделяются следующие типы. **Внутримерзлотные КГГ**, которые могут быть реликтовыми или стабильными. **Реликтовые КГГ** (дельта р. Маккензи, прилегающий шельф) находятся на меньших глубинах, имеют ограниченный источник питания (межмерзлотный биогенный газ), становятся уязвимыми при изменении природной среды. **Внутримерзлотные стабильные КГГ** (северное

побережье Аляски, канадский шельф моря Бофорта) смешанного происхождения. Источником газа служат биогенный межмерзлотный газ и термогенный, поступающий по тектоническим нарушениям из газовых залежей с больших глубин. **КГГ, сконцентрированные по подошве ММП** (северное побережье Аляски, канадский шельф моря Бофорта)**.** Это динамичное образование, которое находится в зависимости от факторов определяющих как вертикальное, так и латеральное перемещение осадочной толщи и изменение термобарических характеристик (геодинамика, экзогенные процессы). Данные КГГ могут исчезать и вновь формироваться. **Подмерзлотные КГГ** (северное побережье и шельф Аляски, дельта р. Маккензи и канадский шельф моря Бофорта), расположенные в зоне стабильности КГГ и являющиеся наиболее устойчивыми при изменении природных условий, влияющих на термобарические показатели.

По данным, приведенным в первой части статьи, относящимся к характеристикам природных процессов, действующих на континентальной окраине моря Бофорта и по строению ММП можно выделить индикаторы проявления современной геодинамики в верхней части осадочного чехла. **Индикаторы проявления горизонтальных смещений**: а) пластовые льды в толще ММП (прибрежные низменности моря Бофорта), которые отражают практически горизонтальные движения по плоскости скольжения; б) деформированные пластовые льды по наклонным плоскостям скольжения в виде надвигов и пологих складок (прибрежные низменности севера Аляски). В некоторых случаях внутримерзлотные КГГ могут иметь прерывистое послойное четковидное залегание. **Индикаторы проявления процессов сжатия** представлены крупными ледяными жилами ледового комплекса (подножие хребта Брукс); такая геодинамика фиксируется также по грязевому вулканизму, глиняным диапирам, образованию пингодобных структур (канадская континентальная окраина). **Индикаторы проявления процессов растяжения** представлены развитием активных разломов (сбросы), очагами эмиссии природного газа (континентальная окраина севера Аляски).

Заключение

Залежи и скопления КГГ генетически привязаны к нефтегазовым бассейнам и формируются, и сохраняются при существовании мощных массивов ММП. На современном этапе КГГ арктических областей (сформированные и в перигляциальных, и в гляциальных условиях) развиваются в моноклиматической ситуации. На распространение КГГ оказывали и оказывают значительное влияние оледенения квартера, криогенные и геодинамические процессы. Природные обстановки современного термохрона позволяют сохраняться КГГ, находящихся в зоне стабильности. Однако следует учитывать возможные изменения термобарических условий, следующих за деградацией ММП. По времени образования КГГ относительно развития криолитозоны определены две группы: эпикриогенная и синкриогенная. Для этого региона выделены 4 типа КГГ относительно их расположения в ММП и под ними. Установлены индикаторы проявления современных геодинамических процессов, влияющих на сохранение КГГ.

Рассмотрение системы природообразующих процессов, действующих на континентальной окраине моря Бофорта в квартере, позволяет определить, что:

- КГГ в области дельта р. Маккензи-шельф моря Бофорта формировались во фронтальной зоне Лаврентийского ледника и под влиянием складчато-надвигово пояса. Следствием динамики фронта ледника стало ограниченное распространение КГГ на прибрежной низменности и частая встречаемость их на шельфе. На современном этапе наблюдается нарушение сплошности ММП, вызываемое изменением термобарических условий, что приводит к выбросам внутримерзлотного природного газа и разрушению реликтовых КГГ.
- КГГ на континентальной окраине севера Аляски аккумулировались в перигляциальных условиях, в режиме растяжения. В этой области, на суше обнаружены значительные площади со скоплениями криогенных гидратов, находящихся в зоне стабильности. На шельфе КГГ встречаются редко. Это может объясняться прерывистым и островным распространением ММП на шельфе под влиянием современной трансгрессии (с развитием криопэгов и таликов), длительным погружением, и действием активных разломов в квартере.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность Ю.А. Лаврушину за ценные советы и конструктивные замечания.

Исследования проведены в соответствии с планами научно-исследовательской работы ГИН РАН «Тектоника, магматизм и осадконакопление в геологической истории арктической и тихоокеанской континентальных окраин Северо-Востока Азии» (№ в плане НИР 0135-2019-0078).

ЛИТЕРАТУРА

Друщиц В.А. Условия существования криогенных гидратов природного газа на российской континентальной окраине. Материалы IX международной научно-практической конференции «Морские ис-

следования и образование» 26–29 октября. Москва 2020. Т.1. С.51–54

Друщиц В.А., Садчикова Т.А. Природные условия образования и сохранения континентальных гидратов метана на арктических континентальных окраинах // Бюлл. комис. по изуч. четв. периода. М.: ГЕОС. 2017. № 75. С. 135–146.

Друщиц, В. А., Садчикова Т.А. Эволюция криогенных скоплений гидратов природного газа в арктических регионах в квартере // Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. № 3 (10). С. 147–151.

Якушев В.С., Перлова Е.В., Махонина Н.А. и др. Газовые гидраты в отложениях материков и островов// Российский хим. ж. Т. XLVII. № 3. 2003. С. 80–90.

Batchelor C.L., Dowdeswell J.A., Pietras J.T. Variable history of Quaternary ice-sheet advance across the Beaufort Sea margin, Arctic Ocean // Geology.2013. Vol. 41. № 2. P. 131–134.

Blasco S., Bennett R., Brent, T. et al. 2010 State of Knowledge: Beaufort Sea Seabed Geohazards Associated with Offshore Hydrocarbon Development // Geological Survey of Canada, Open File 6989. 2013. 340 p. doi:10.4095/292616

Brothers L.L., Herman B.M., Hart P.E. et al. Subsea ice-bearing permafrost on the U.S. Beaufort Margin: 1. Minimum seaward extent defined from multichannel seismic reflection data // Geochem. Geophys. Geosyst. 2016. V. 17. P. 4354–4365

Burn C.R., Kokelj S.V. The Environment and Permafrost of the Mackenzie Delta Area // Permafrost and Periglac. Process. 2009. Vol. 20. P. 83–105.

Calvert H.T., Dallimore S.R., Hunter J.A. Application of geophysical technique for mapping ice bearing sediments, MacKenzie delta, Western Arctic, Canada // Conference on the geophysical detection of subsurface water on Mars. 2001

Carmen G.J. Hardwick P. Geology and Regional Setting of Kuparuk Oil Field, Alaska // Am. As. of Pet. Geol. Bul. 1983. V. 67. № 6. P. 1014–1031

Creighton A.L., Parsekian A.D., Angelopoulos M. et al. Transient electromagnetic surveys for the determination of talik depth and geometry beneath thermokarst lakes // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2018. 123. https://doi.org/10.1029/2018JB016121

Collet T.S., Myung L.W., Agena W.F. et al. Permafrost-associated natural gas hydrate occurrences on the Alaskan North Slope // Marine and Petroleum Geol. – 2011.– Vol. 28.– P. 279–294.

Dallimore S.R., Wolfe S.A., Solomon S.M. Influence of ground ice and permafrost on coastal evolution, Richards Island, Beaufort Sea coast, N.W.T // Canadian Journal of Earth Sciences.· 1996. V. 33. P. 664–675.

Dietrich J.R., Coflin K.C., Lane L.S. et al. Interpretation of deep seismic reflection data, Beaufort Sea, Arctic Canada // Geological Survey of Canada. 1989. Open File 2106.

Dinkelman M., Kumar N., Helwig J. et al. Highlights of Petroleum and Crustal Framework of the Beaufort-Mackenzie Basin: Key Results from Beaufort SPAN East Phases I and II Surveys // CSEG Recorder. 2008. № 9. P. 22–25

Dixit N.C., Hanks C.L., Wallace W.K. et al. In situ stress variations associated with regional changes in tectonic setting, northeastern Brooks Range and eastern North Slope of Alaska // AAPG Bulletin. 2017. V. 101. № 3. P. 343–360.

Dixon J., Lane L.S., Dietrich J.R. et al. Geological History of the Late Cretaceous to Cenozoic Beaufort-Mackenzie Basin, Arctic Canada. Ch. 17. // The Sedimentary Basins of the United States and Canada. Elsevier. 2019. P. 695–717.

Houseknecht D.W., Bird K.J., Garrity C.P. Assessment of undiscovered petroleum resources of the Arctic Alaska Petroleum Province // U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2012–5147. 2012. 26 p.

Hyndman R.D., Cassidy J.F., Adams J. et al. Earthquakes and Seismic Hazard in the Yukon-Beaufort-Mackenzie // CSEG Recorder. 2005. № 5. P. 32–67.

Hutchinson D.R., Jackson H.R., Houseknecht D.W. et al. Significance of northeast-trending feature in Canada Basin, Arctic Ocean // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2017. V. 18. P. 4156–4178.

Gwiazda R.P., Dallimore S.K., Melling S.R. et al. Freshwater seepage into sediments of the shelf, shelf edge, and continental slope of the Canadian Beaufort Sea. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2018. V. 19. P. 3039–3055.

Jorgenson M.N., Kanevskiy M., Shur Yu. et al. Permafrost database development, characterization and mapping for Northern Alaska. Final report. 2015. http://arcticlcc.org/projects/ALCC2012-10.

Kanevskiy M., Shur Y., Fortier D. et al. Cryostratigraphy of late Pleistocene syngenetic permafrost (yedoma) in northern Alaska, Itkillik River exposure // Quaternary Research. 2011. V. 75. P. 584–596

Kanevskiy M.Z., Shur Yu. L., Jorgenson M.T. et al. Permafrost of Northern Alaska // Proceedings of the Twenty-first International Offshore and Polar Engineering Conference Maui, Hawaii, USA. 2011. P. 1179–1186.

Koehler R.D., Carver G.A. Active faults and seismic hazards in Alaska // Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys. 2018. Miscellaneous Publication 160. 59 p.

Lane L.S. Tectonic Evolution of the Canadian Beaufort Sea – Mackenzie Delta Region: A Brief Review // CSEG Recorder. 2002. № 2. P. 49–56.

Lorenson Th. D., Greinert J., Coffin R.B. Dissolved methane in the Beaufort Sea and the Arctic Ocean, 1992–2009; sources and atmospheric flux // Limnol. Oceanogr. 2016. V.61. P.300–323.

Majorowicz J.A., Hanningen P.K. Natural gas hydrates in the offshore Beaufort-Mackenzie Basin – study of feasible energy source II // Natural Resources Research. 2000. Vol. 9. № 3. P. 201–214.

Majorowicz J., Ocadetz R., Safanda J. Model of Talik // Permafrost gas Hydrate Histories – Beaufort Mackenzie Basin, Canada // Energies. 2015. № 8. P. 6738–6764.

Mazzotti S, Leonard L.J., Hyndman R.D. et al. Tectonics, Dynamics, and Seismic Hazard in the Canada–Alaska Cordillera // Geophysical Monograph Series. 2008. 179. P. 297–319.

Mestdagh T., Poort J., De Batist M. The sensitivity of gas hydrate reservoirs to climate change: Perspectives from a new combined model for permafrost-related and marine settings // Earth-Science Reviews. 2017. V. 169. P. 104–131.

Moore T.E., Box S.E. Age, distribution and style of deformation in Alaska north of 60°N: Implications for assembly of Alaska // Tectonophysics. 2016. V.691. P.133–170.

Murton J.B., Waller R.I., Hart J.K. et al. Stratigraphy and glaciotectonic structures of permafrost deformed beneath the northwest margin of the Laurentide ice sheet, Tuktoyaktuk Coastlands, Canada // J. of Glaciology. 2004. V. 50. №.170. P. 399–412.

Murton J.B. Stratigraphy and Palaeoenvironments of Richards Island and the Eastern Beaufort Continental Shelf during the Last Glacial-Interglacial Cycle // Permafrost and Periglac. Process. 2009. V.20. P. 107–125.

Murton J.B., Bateman M. D., Telka A. M. et al. Early to Mid Wisconsin fluvial deposits and palaeoenvironment of the Kidluit Formation, Tuktoyaktuk Coastlands, western Arctic Canada // Permafrost and Periglacial Processes. 2017. V. 28. P. 523–533.

Paull C.K., Ussler W., Dallimore S.R. et al. Origin of pingo-like features on the Beaufort Sea shelf and their possible relationship to decomposing methane gas hydrates // Geophys. Res. Lett. 2007. V. 34. L01603. doi:10.1029/2006GL02

Pedrazas M.N., Cardenas M.B., Demir C et al. Absence of ice-bonded permafrost beneath an Arctic lagoon revealed by electrical geophysics // Science Advances. 2020. V. 6. № 43. eabb5083 DOI: 10.1126/sciadv. abb5083

Peltier W.R., Argus D.F., Drummond R. Space geodesy constrains ice age terminal deglaciation: The global ICE-6G_C (VM5a) model // J. Geophys. Res. Solid Earth. 2015. V.120. P. 450–487, doi:10.1002/2014JB011176

Phrampus B.J., Hornbach M.J., Ruppel C.D. et al. Widespread gas hydrate instability on the upper U.S. Beaufort margin // J. Geophys. Res. Solid Earth. 2014. V. 119. P. 8594–8609, doi:10.1002/2014JB011290

Rampton V.N. Quaternary geology of the Tuktoyaktuk coastlands, Northwest Territories // Geological survey of Canada. 1988. Memoir 423. 98 p.

Riedel M., Brent T.A., Taylor G. et al. Evidence for gas hydrate occurrences in the Canadian Arctic Beaufort Sea within permafrost-associated shelf and deep-water marine environments // Marine and Petroleum Geol. 2017. Vol. 81. P. 66–78.

Roberts S.B. Geologic assessment of undiscovered, technically recoverable coalbed-gas resources in Cretaceous and Tertiary rocks, North Slope and adjacent State waters // Alaska: U.S. Geological Survey. 2008. Digital Data Series DDS–69–S, Chap.2. 95 p.

Ruppel C.D., Herman B.M., Brothers L.L. et al. Subsea ice-bearing permafrost on the U.S. Beaufort Margin: 2. Borehole constraints // Geochem. Geophys.Geosyst. 2016. V. 17. P. 4333–4353.

Saint-Ange F., Kuus P., Blasco S. et al. Multiple failure styles related to shallow gas and fluid venting, upper slope Canadian Beaufort Sea, northern Canada // Marine Geology. 2014. V. 355. P. 136–149.

Schenk O., Magoon L.B., Bird K.J. et al. Petroleum system modeling of northern Alaska // Basin Modeling: New Horizons in Research and Applications: AAPG Hedberg Ser. 2012. № 4. P. 317–338

Sherman, D., Constable S. Permafrost extent on the Alaskan Beaufort shelf from surface-towed controlled-source electromagnetic surveys // J. of Geophys. Res.: Solid Earth. 2018. V.123. P. 1–13.

Stephani E., Drage J., Miller D. et al. Taliks, cryopegs, and permafrost dynamics related to channel migration, Colville River Delta, Alaska // Permafrost and Periglac Process. 2020. V. 31. P.239–254.

Stotler R. L., Frape S.K., Ahonen L., et al. Origin and stability of a permafrost methane hydrate occurrence in the Canadian Shield // Earth and Planetary Science Letters 2010. V. 296. P. 384–394.

Taylor, A.E., Dallimore, S.R., Hill, P.R. et al. Numerical model of the geothermal regime on the Beaufort Shelf, arctic Canada since the last Interglacial // J. Geophys. Res. Earth Surf. 2014. V. 118. P. 2365–2379.

Valin Z.C., Collett T.S. Molecular and isotopic analyses of the hydrocarbon gases within gas hydrate-bearing rock units of the Prudhoe Bay-Kuparuk River are in Northern Alaska // Open-file Report 92-299. US Geological Survey. 1992. 82 p.

Walker D. A., Walker M. D., Everett K. R. et al. Pingos of the Prudhoe Bay Region, Alaska // Arctic and Alpine Research. 1985. V. 17. № 3. P. 321–336

Yoneda J., Jin Y., Muraoka M. et al. Multiple physical properties of gas hydrate-bearing sediments recovered from Alaska North Slope 2018 Hydrate-01 Stratigraphic Test Well // Marine and Petroleum Geology. 2021. V. 123.

LITERATURE

Drushchits V.A. Usloviya sushchestvovaniya kriogennykh gidratov prirodnogo gaza na rossiyskoy kontinental'noy okraine. Materialy IX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Morskiye issledovaniya i obrazovaniye» 26–29 oktyabrya. Moskva 2020. T.1. S.51–54

Drushchits V. A., Sadchikova T. A. Prirodnyye usloviya obrazovaniya i sokhraneniya kontinental'nykh gidratov metana na arkticheskikh kontinental'nykh okrainakh // Byull. komis. po izuch. chetv. perioda. M.: GEOS. 2017. № 75. S. 135–146.

Drushchits, V.A., Sadchikova T.A. Evolyutsiya kriogennykh skopleniy gidratov prirodnogo gaza v arkticheskikh regionakh v kvartere // Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2018. № 3 (10). S. 147–151.

Yakushev V.S., Perlova Ye.V., Makhonina N.A. i dr. Gazovyye gidraty v otlozheniyakh materikov i ostrovov// Rossiyskiy khim. zh. T. XLVII. № 3. 2003. S. 80–90.

V.A. Drouchits

IMAGE OF GLACIAL, CRYOGENIC AND GEODYNAMIC PROCESSES IN THE DISTRIBUTION OF PERMAFROST-ASSOCIATED NATURAL GAS HYDRATES ON THE CONTINENTAL MARGIN OF NORTHWESTERN NORTH AMERICA

The conditions for the formation and preservation of permafrost-associated gas hydrates in the coastal lowlands and the shelf of the Beaufort Sea are considered for Quaternary. They formed within the boundaries of oil and gas basins. Currently existing in a monoclimatic situation, these clathrates of natural gas were formed in periglacial and glacial conditions. The combination of the geodynamic regime nature and the Last Glacial Maximum conditions causes a different distribution of permafrost-associated gas hydrates on the continental margin of the Northern Alaska and in the area of the Mackenzie delta – the Beaufort Sea shelf. In the Mackenzie delta permafrost-associated gas hydrates were formed in the frontal zone of the glacier and in the area of influence of the fold-thrust belt. As a result, these formations are more widespread on the shelf. Based on the time of the formation of permafrost-associated gas hydrates relative to the development of the permafrost zone, two groups of these formations were identified: epicryogenic and syncryogenic. For this region, 4 types of clathrates of gas have been identified with respect to their location in the permafrost and below it. Indicators of the manifestation of modern geodynamic processes influencing on the distribution of cryogenic gas hydrates have been established for this region.

Key words: permafrost-associated gas hydrates, glaciation, periglacial, permafrost, neotectonics, Alaska North Slope, Mackenzie delta, Beaufort Sea, Quaternary.

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА
№ 78, 2020 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАЛЕОПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА (МИС 5)

С.А. Сычева[1], Е.Г. Гуськова[2], А.Г. Иосифиди[3], О.М. Распопов[2], С.Н. Тимирева[1]

[1]Институт географии РАН (ИГРАН), Москва
[2]Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (СПбФ ИЗМИРАН), Санкт-Петербург
[3]Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ), Санкт-Петербург

Проведены палеомагнитные исследования микулино-ранневалдайских (МИС 5) почв и отложений Среднерусской возвышенности. Отбор образцов для измерения магнитной восприимчивости К и определения естественной остаточной намагниченности J_n выполнялись в непрерывной колонке палеопочв и лессов мощностью 4,5 м, формировавшихся в первую половину позднего плейстоцена (128–65 тысяч лет назад). В верхней части ранневалдайских отложений с возрастом по ОСЛ – 115±7 ka BP (МИС 5d), установлен эпизод обратной намагниченности, вероятно, связанный с концом экскурса Блейк. Завершение экскурса Блейк совпало с похолоданием, наступившим после завершения микулинского межледниковья. Величина магнитной восприимчивости К максимальна для гумусового горизонта межледниковой рышковской палеопочвы (МИС 5e) и его педоседимента, имеющего следы сильного пожара. Распределение К по профилю палеопочв аналогично с распределением для сходных по генезису современных почв.

Ключевые слова: экскурс Блейк, ранневалдайские педоседименты, магнитная восприимчивость, ОСЛ-даты, Александровский карьер, лессово-почвенная стратиграфия.

DOI 10.34756/GEOS.2021.16.37849

Введение

Палеомагнитные исследования являются необходимой частью изучения плейстоценовых разрезов, уточняющих их строение и возраст. Они позволяют установить периоды изменения направления геомагнитного поля Земли. При палеомагнитных исследованиях обычно измеряется скалярный параметр К – магнитная восприимчивость, отражающая содержание ферромагнитных минералов в каждом из образцов, и вектор естественной остаточной намагниченности J_n (в иностранной литературе NRM – natural remanent magnetization), определяемый величиной намагниченности и двумя углами – склонения D и наклонения I. По значению углов D и I с учетом географических координат места отбора образцов определяются широта Φ и долгота Λ виртуальных геомагнитных полюсов (ВГП) в период образования осадка и их траектория. Поведение траектории ВГП отражает поведение геомагнитного поля в определенном временном интервале, в частности – во время возможного проявления так называемых экскурсов. Геомагнитные экскурсы представляют собой изменения направления геомагнитного поля в виде импульсных выбросов, которые сменяются стационарным геомагнитным полем вековых вариаций [Поспелова, 2002, 2004] (Pospelova, 2002, 2004).

С геологической точки зрения экскурсы очень короткие, что затрудняет их выделение и обнаружение в разрезах. В настоящее время доказан глобальный характер экскурсов, что дало возможность построить макет магнитохроностратиграфической шкалы хрона Брюнес (временной интервал до 780 тыс. л.н.).

Наиболее детально магнитохроностратиграфическая шкала разработана для позднего плейстоцена [Шкатова, 2012] (Shkatova, 2012), где

выделены пять датированных радиоуглеродным, термолюминисцентным и ОСЛ методами экскурсов: Блейк (Ямайка, Белоглазка) (около 120–100 тыс. л.н.), Фрэм (Стрейт, Хаджимус) (80–70 тыс. л.н.), Лашамп (Каргополо) (около 42 тыс. л.н), Моно (Манго) (около 27–24 тыс. л.н), Гетенборг (около 12 тыс. л.н) [Мёрнер и др., 2001; Петрова и др., 1992; Поспелова, 2002, 2004; Поспелова, Гнибиденко, 1972; Поспелова и др., 2006 и др.; Шкатова, 2013] (Merner et al, 2001; Petrova et al., 1992; Pospelova, 2002, 2004; Pospelova, Gnibidenko, 1972; Pospelova et al., 2006; Shkatova, 2013). Благодаря своему глобальному проявлению, палеомагнитные экскурсы дополняют универсальную хронологическую шкалу, основанную на датированных различными методами морских кислородно-изотопных стадиях (МИС), без которой в настоящее время невозможно проведение межрегиональных и межконтинентальных корреляций природных и природно-антропогенных событий прошлого [Tauxe, Shackleton, 1994].

Исследования позднеплейстоценовых отложений Среднерусской возвышенности, уже много лет проводимые С.А. Сычевой с коллегами, выявили следующие основные особенности их залегания и строения [Сычева, 2003, 2012; Сычева, Гунова, 2004; Сычева и др. 2015, 2017а, б; Sycheva, et al, 2020] (Sycheva, 2003, 2012; Sycheva, Gunova, 2004; Sycheva et al, 2015, 2017a, b, 2020). В отличие от обширных аллювиальных равнин (Приднепровской и Окско-Донской) на возвышенных плато они сохранились в палеоврезах – в заполнениях погребенных малых эрозионных форм или фрагментарно – на склонах дневных эрозионных форм, где прислонены к среднеплейстоценовым и раннеплейстоценовым отложениям [Сычева, 2007] (Sycheva, 2007). Второй отличительной чертой является весьма детальная (высокоразрешающая) запись палеогеографических событий, зафиксированная чередованием рышковской почвы микулинского межледниковья и интерстадиальных ранне- и средневалдайских палеопочв с разными по генезису субаэральными и субаквальными отложениями, неоднократно нарушенными палеомерзлотными деформациями [Сычева, 2012] (Sycheva, 2012). Результатом многолетних изучений московско-микулинских палеоврезов явилось создание новой стратиграфической схемы для позднего плейстоцена перигляциальной области Восточно-Европейской равнины [Сычева и др., 2015, 2017а, б; Sycheva, et al, 2020] (Sycheva et al, 2015, 2017a, b, 2020).

В детальных почвенно-седиментационных разрезах палеодепрессий Среднерусской возвышенности (Александровский, Танеевский, Новопоселковский карьеры) развиты следующие слои:

1. Голоценовый типичный или выщелоченный чернозем мощностью 1,5–1,7 м.

2. Поздневалдайский буровато-палевый лесс мощностью 0,5–0,8 м. В этот слой вложены делли – криоэрозионные ложбины, заполненные более тяжелым суглинком (слой 2а) с радиоуглеродным возрастом 11140±190 BP или 13 054 ± 194 cal BP (Ki-9360) и 12200±180 BP или 14 348 ± 395 cal BP (Ki-9361).

3. Брянская средневалдайская интерстадиальная палеопочва мощностью 0,6–0,8 м до 1,5 м. Радиоуглеродный возраст нижней части гумусового горизонта – 33140±230 BP или 37 618±668 cal BP (Ki-8211). Брянская почва нарушена крупными клинообразными структурами владимирского криогенного горизонта.

3а. Тускарьский оглеенный лесс мощностью 0,3–0,5 м. Радиоуглеродный возраст, определенный по коллагену костей доисторической лошади и шерстистого носорога: 39710±580 BP или 43 597±644 cal BP (Ki-9362) и 40200±420 BP или 43 870±670 cal BP (Ki-10868). В нижней части лесс имеет возраст по ОСЛ – 50±3 ka BP.

4. Александровская средневалдайская интерстадиальная палеопочва, сильно нарушена солифлюкцией, мощностью 0,4–0,6 м. Радиоуглеродный возраст – 49500±520 BP или 53742±2124 cal (Ki-15275).

4а. Селиховодворский лесс мощностью 0,3–0,9 м. С ним связаны котлообразные псевдоморфозы, разбивающие стрелецкую и кукуевскую палеопочвы – деформации селиховодворского криогенного горизонта.

5. Стрелецкая ранневалдайская интерстадиальная палеопочва с гумусовыми языками-трещинами. Мощность почвы – 0,6 м.

5а. Млодатьский лесс мощностью 0,1–0,3 м. ОСЛ-дата 91±1 ka BP.

6. Кукуевская ранневалдайская интерстадиальная палеопочва с гумусовыми языками. Мощность – 0,2–0,25 м.

7. Сеймские ранневалдайские солюфлюкционно-делювиальные лессовидные суглинки, образованные за счет разрушения и переотложения материала рышковской почвы (педоседименты) мощностью 3–4 м и более. Неоднородные, подразделяются на несколько подслоев по текстурным особенностям и разному характеру криогенных и эрозионных нарушений. ОСЛ-дата 115±7 ka BP.

8. Рышковская палеопочва микулинского межледниковья. В днище палеобалки это – сложная циклично построенная почвенно-седиментационная толща, состоящая из 3–4 почвенных профилей мощностью от 1,5–1,8 м до 3,4 м, наложенных друг на друга или разделенных донными промоинами, заполненными пролювием. На склонах

балки рышковская почва – лесная текстурно-дифференцированная с профилем A1-A2-Bt-BC мощностью от 1,0 до 2,0 м – аналог дерново-подзолистой. ОСЛ-дата в основании иллювиального горизонта 127±8 ka BP.

9. Палевый лесс московской стадии днепровского оледенения. К нему приурочены криоэрозионные формы – перигляциальные овраги и делли.

Радиоуглеродные датировки, спорово-пыльцевые данные и морфотипические характеристики палеопочв позволяют сопоставить их с нечетными (теплыми) стадиями кислородно-изотопной кривой морских осадков: брянскую и александровскую – с МИС 3, стрелецкую – с МИС 5a, кукуевскую – с МИС 5c, рышковскую (микулинского межледниковья) – с МИС 5e [Сычева, 2012; Сычева, Гунова, 2004; Сычева и др., 2017 а] (Sycheva, 2012; Sycheva, Gunova, 2004; Sycheva et al, 2017a). Разделяющие их лессы и связанные с ними криогенные горизонты со стадиями (холодными): поздневалдайский – с МИС 2, тускарьский – с МИС 3, селиховодворский – с МИС 4, мологатьский – с МИС 5b, сеймский – с МИС 5d, московский лесс – с МИС 6 [Сычева, 2012; Sycheva, et al, 2020] (Sycheva, 2012; Sycheva, et al, 2020).

Наиболее подробно в московско-микулинских палеоврезах (погребенных балках) сохранились ранневалдайские палеопочвы и отложения (МИС 5): микулинского (МИС 5e, около 128-117 т.л.) и ранневалдайского времени (МИС 5d-5a, около 117–80 тыс. л.н.), крайне редко наблюдаемые в иных условиях захоронения. Известно, что на интервал 125/118–100 тыс. л.н. приходится палеомагнитный экскурс Блейк (он длительный – 25–18 тыс. лет), а экскурс Хаджимус датируется около 80–65 тыс. л.н. [Мёрнер и др., 2001; Поспелова, 2002, 2004 и др.] (Merner et al, 2001; Pospelova, 2002, 2004).

Одной из задач нашего исследования явился поиск следов этих палеомагнитных событий в микулинско-ранневалдайских отложениях, недостаточно изученных в перигляциальной области Восточно-Европейской равнины. Характеристика магнитной восприимчивости позднеплейстоценовых межледниковой и ранневалдайских интерстадиальных палеопочв и отложений Среднерусской возвышенности была второй задачей нашего исследования.

Объект исследования

Палеомагнитные исследования проводились в целике памятника геологии «Микулинская погребенная балка и почвенно-седиментационная толща в Александровском карьере» Курской области в 2005 г. и 2007 г. (рис. 1). Данный опорный разрез позднего плейстоцена, расположенный на юге города Курска (Среднерусская возвышенность), изучается в режиме мониторинга с 1987 г. по настоящее время различными палеогеографическими, геоморфологическими и палеопочвенными методами [Сычева, 2003–2012, Сычева, Гунова, 2004; Сычева и др., 2017а, б] (Sycheva, 2003, 2012; Sycheva, Gunova, 2004; Sycheva et al, 2017a, b). В разрезах, изученных в 2005 г. и 2007 г., как в прочем, и в других разрезах склонов и днища балки, рышковская межледниковая лесная текстурно-дифференцированная палеопочва (слой 8), захоронена под гумусированным делювием, содержащим большое количество углей, свидетельствующих о сильном пожаре, случившимся в самом конце микулинского межледниковья [Сычева и др., 2017 б] (Sycheva et al, 2017b). Перекрывающие ранневалдайские педоседименты (слой 7) нарушены солифлюкционными и другими криогенными деформациями – свидетелями наступившего нового глобального похолодания – валдайского оледенения (МИС 5d). В них выделено от 3 до 7 подслоев, имеющих свою литологическую и палеоэкологическую интерпретацию [Сычева, 2003; Сычева и др., 2017а] (Sycheva, 2003; Sycheva et al, 2017a). Выше развиты две ранневалдайские лугово-черноземные палеопочвы: кукуевская (слой 6) и стрелецкая (слой 5). Подробнее описание межледниково-раннеледниковых почв и отложений, относящихся к МИС 5, приведено в таблице 1.

В 2005 г. образцы отбирались в интервале глубин 7,19–5,11 м (рышковская палеопочва – слой 8 и ранневалдайские суглинки – слой 7) (табл. 1). В 2007 г. анализировались образцы в двух расчистках в интервале глубин от 7,6 м, где расположены нижние горизонты рышковской палеопочвы (E-Bt), до 2,9 м, где залегает стрелецкая палеопочва (табл. 1, рис. 2 а, б, в; 3). Номера образцов соответствуют номерам в других таблицах. Таким образом, отбор образцов охватил горизонты межледниковой рышковской палеопочвы и всю толщу ранневалдайский отложений и почв.

Методика исследования

Палеомагнитные исследования заполнения погребенной московско-микулинской балки проводились по общепринятой методике [Храмов и др., 1982; Кочегура, 1992;]. Отбор образцов осуществлялся путём вдавливания в осадок стеклянных ампул длиной 25 мм и диаметром 20 мм в интервале глубин 7,19–5,11 м (рис. 3 б). От глубины 7,19 м до глубины 5,90 м образцы отбирались в стеклянные ампулы диаметром 2 см, так как позволял грунт. С глубины 5,90 м, где плотность по-

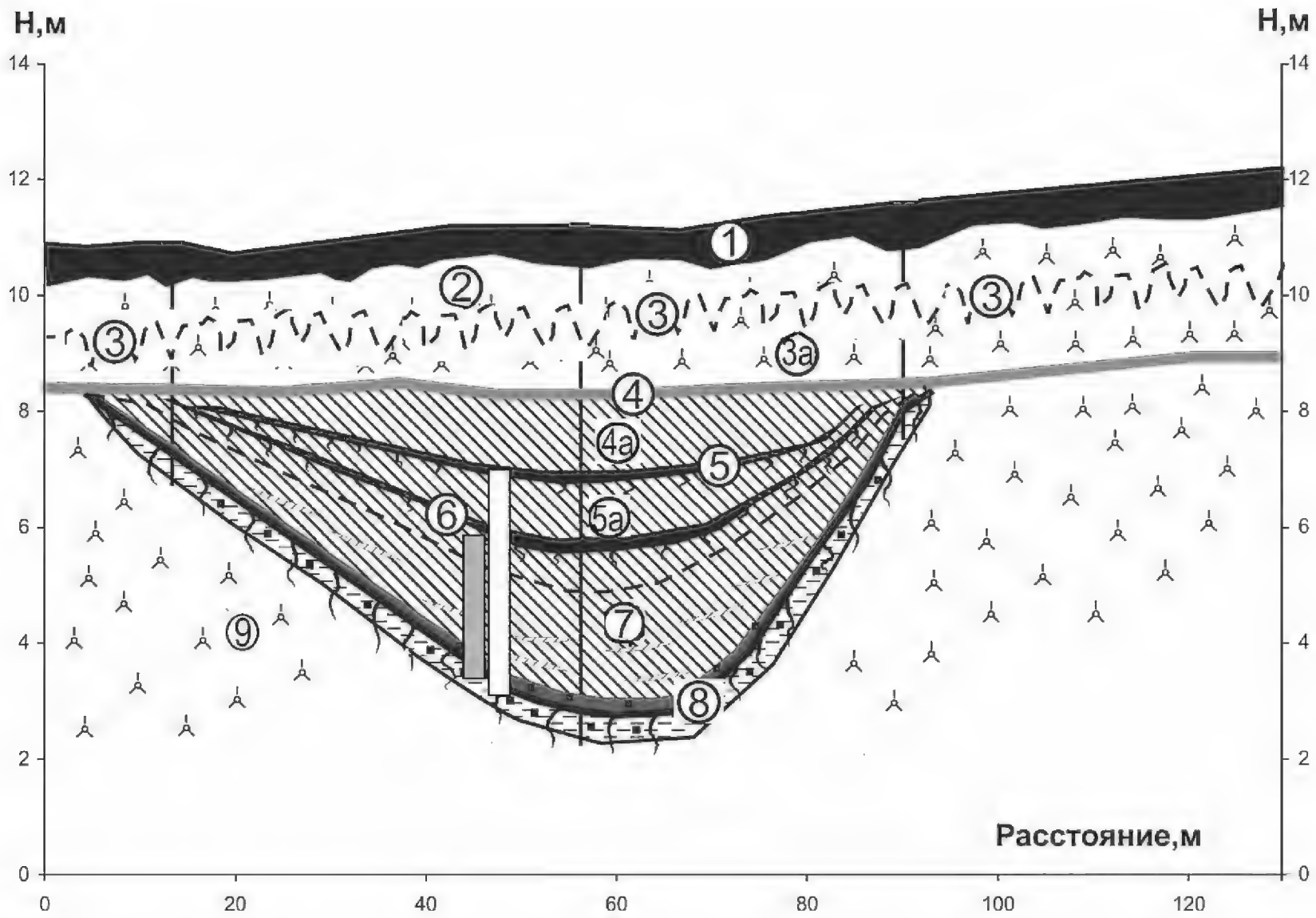


Рис. 1. Поперечный профиль погребенной московско-микулинской балки в Александровском карьере с колонками отбора образцов на палеомагнитные исследования: левая (серая, короткая) отмечает толщу, из которой отбирались образцы 2005 года; правая (белая) отмечает толщу, из которой отбирались образцы-призмы в 2007 году

Слои (в кружках): 1 – голоценовый чернозем, 2 – поздневалдайский лесс, 3 – брянская палеопочва, 3а – тускарьский лесс, 4 – александровская палеопочва, 4а – селиховодворский лесс, 5 – стрелецкая палеопочва. 5а – млодатьский лесс, 6 – кукуевская палеопочва, 7 – сеймские лессовидные суглинки, 8 – рышковская, 9 – московский лесс.

Fig. 1. Cross-section of the buried Moscow-Mikulino beam in the Alexandrov quarry with sampling columns for paleomagnetic studies: the left (gray, short) marks the thickness from which the samples were taken in 2005; the right (white) marks the thickness from which the prism samples were taken in 2007

Layers (in circles): 1 – Holocene chernozem, 2 – Late Valdai loess, 3 – Bryansk paleosol, 3a – Tuskar loess, 4 – Alexanderov paleosol, 4a – Selikhovodvor loess, 5 – Streletsk paleosol. 5a – Mlodat loess, 6 – Kukuyevo paleosol, 7 – Seym loess-like loam, 8 – Ryshkovo, 9 – Moscow loess.

роды возросла, вырезались кубики с ребром 2 см. Всего было отобрано и измерено 83 образца из основного разреза и 24 образца из параллельного разреза, расположенного на расстоянии 5 см. В этом случае измерения магнитных характеристик проводились в лаборатории магнитостратиграфии и палеомагнитных реконструкций отдела стратиграфии нефтегазоносных территорий ВНИГРИ.

Глубина слоев и некоторые свойства разреза 2007 г. (шкала H07) отличаются от таковых в 2005 г. (шкала H05), причем глубины для всех слоев H07>H05. Это связано с тем, что стенка карьера в 2007 г. сместилась примерно на 2 м вглубь целика, а дневная поверхность, как и уровень залегания рышковской палеопочвы, не являются горизонтальными. Ряд образцов, представляющих этот разрез, создан как составной: глубины от 7,6 м до 4,5–4,0 м представлены на стенке западной экспозиции, а глубины от 4,2 м до 2,9 м – на соседней стенке северной экспозиции, примерно в 20 метрах к юго-западу от западной стенки. В 2007 г. ампулы удавалось вдавить лишь в 30-сантиметровом влажный гумусовый горизонт рышковской палеопочвы. Образцы были отобраны по схеме: 3 столбца по 9 образцов-ампул вплотную (одним массивом). Так как вырезать образцы в виде маленьких кубиков, как в 2005 г., на большей части разреза было невозможно, пришлось отбирать образцы в виде призм шириной 3–4 см и длиной 5–9 см. Образцы для глубины 4,2–2,9 м взяты с расчистки соседней стенки северной экспозиции (рис. 3 а). Ранневалдайские палеопочвы значительно деформированы криогенными процессами. Гумусовый горизонт кукуевской палеопочвы нарушен субвертикальными клиньями селиходворского и млодатьского криогенных горизонтов, а также многочисленными ходами землероев. Более молодая стрелецкая палеопочва нарушена деформациями селиходвор-

Таблица 1. Характеристика разрезов 2005 г. и 2007 г.

Интервал глубин, м	Номера образцов	Индекс горизонта	Краткое описание слоев разреза
2005 г. Расчистка находится на правом склоне московско-микулинской палеобалки (рис. 1).			
5,11–5,99	1–34	d-pr 3 (Bt)	Делювиально-пролювиальная слабо слоистая песчано-суглинистая толща. Содержит линзы более плотных осадков. Гумусовые прослои редки.
6,02–6,40	35–51	d 2 (A1+»)	Порода осветляется, ритмическая слоистость увеличивается.
6,42–6,58	52–59	d-sl 1 (A1)	Делювиально-солифлюкционные отложения. Слоистый горизонт. Слоистость имеет неоднородный характер.
6,60–6,63	60–61	Ao	Горизонт Ao фиксирует рышковскую почву. Пирогенный (углистый) прослой – прерывистая полоса черного цвета шириной от 1 до 1,5 см.
6,65–6,70	62–64	A1	Наиболее гумусированный, темно-серый суглинок. Содержит углистые включения размером от 1–2 до 7–8 мм.
6,72–6,86	65–71	A2A1	Переходный элювиально-гумусовый серый горизонт. Содержит редкие включения углей.
6,88–6,95	72–75	A2	Суглинок легкий, белесовато-светло-серый, светлоокрашенный, алевритистый, таблитчатый.
6,98–7,19	76–85	Bt	Глинисто-иллювиальный горизонт рышковской почвы. Суглинок средний, ожелезненный, рассыпчатой ореховатой структуры, пятнистый. Содержит редкие марганцевые вкрапления.
2007 г. Расчистка находится в нижней части того же склона, что и в 2005 г., стенка северной экспозиции (рис. 1, 2 а).			
2,95–4,20	1–16		
2,95–3,20	1–3, 10	A1	Гумусовый горизонт стрелецкой палеопочвы.
3,20–3,30	4, 10–11	AB	Переходный горизонт стрелецкой палеопочвы.
3,30–3,80	5–7, 12–15	d (A1+B)	Делювий бурого цвета с педоседиментом стрелецкой палеопочвы.
3,80–4,20	7–9, 15–16	A1, AB	Кукуевская палеопочва.
4,00–7,60	17–60		Расчистка стенки западной экспозиции (рис. 2 б).
4,00–4,30	17–18	A1	Гумусовый горизонт кукуевской палеопочвы.
4,30–5,00	18–25	d 1	Эолово-делювиальные отложения. Светлый лессовидный суглинок со слабо выраженной горизонтальной слоистостью.
5,00–5,60	26–35	d-pr 2	Пролювиально-делювиальные отложения. Сложно слоистая пачка с донными овражками, в тальвеге которых сосредоточены крупные глинистые окатыши, ортштейны, угольки. Над ним залегает тонкослоистый балочный аллювий с дождевыми слойками.
5,60–6,10	34–39	d-al 3	Делювиальные и балочно-аллювиальные отложения. Слоистый суглинок – педоседимент рышковской палеопочвы (B+E+A1), слои падают параллельно балочному склону – на запад под углом 5–7°.
6,10–6,40	39–42	d 4	Делювиальные отложения. Тонкими прослоями белого алеврита создается пологая (дождевая) слоистость.
6,40–6,70	42–44	d 5	Делювиальные отложения. Слоистость выражена хуже.
6,70–6,80	45	d-sl 6	Делювиально-солифлюкционные отложения. На расчистке – вихреобразный рисунок.
6,80–7,40	45–54	d 7 (A1)	Переотложенный оглеенный материал гор. A1 рышковской почвы, содержит много углей, нижняя часть пачки глинистая, влажная, пластичная.
7,40–7,50	54–58	A1	Гумусовый горизонт рышковской палеопочвы – влажный, пластичный, темно-серый суглинок с множеством углистых остатков.
7,50–7,70	58–60	A2	Элювиальный горизонт рышковской палеопочвы – светлый, непластичный алеврит, мелкозернистой, таблитчатой структуры, очень плотный.

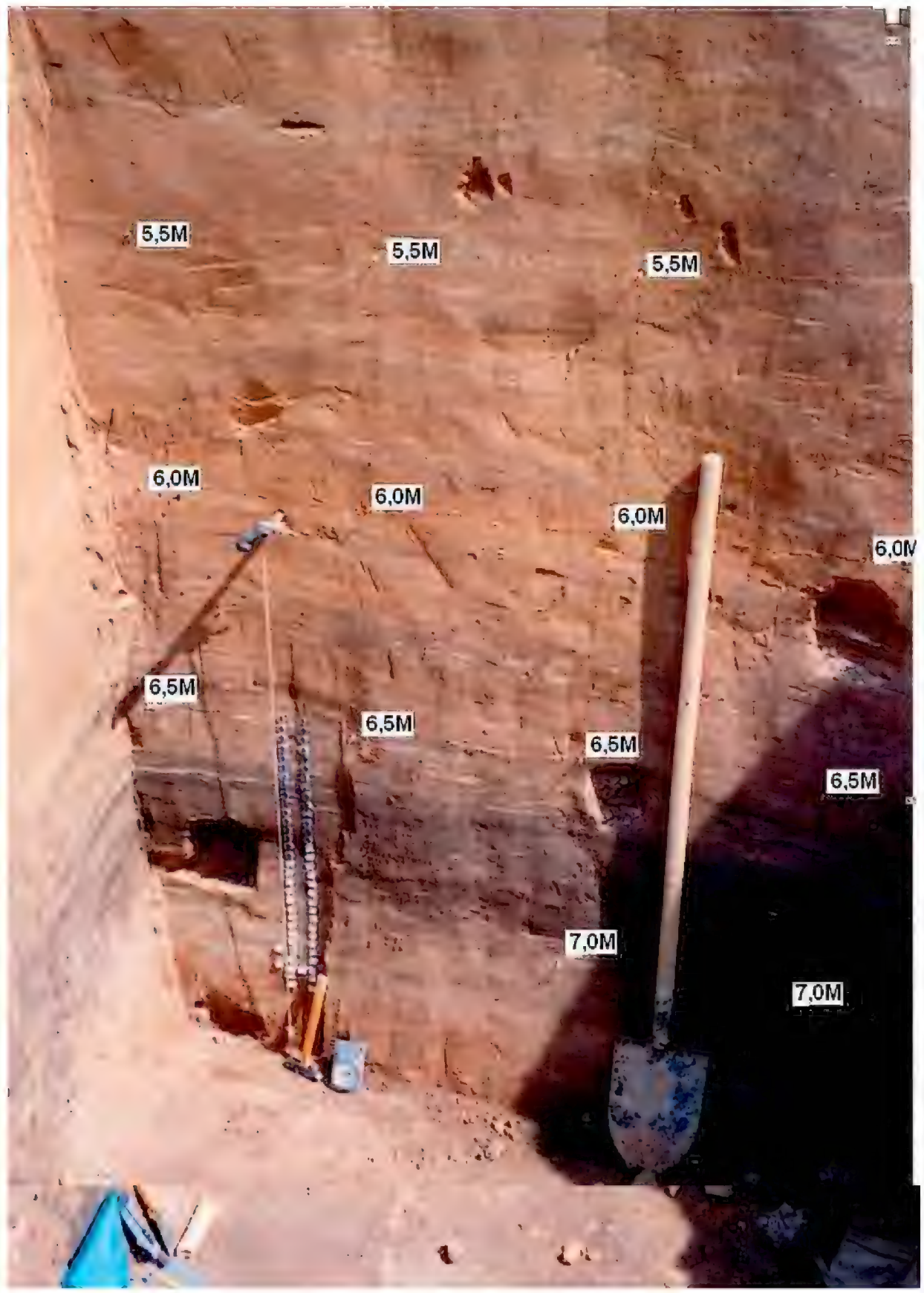


Рис. 2. Места отбора образцов в 2005 г. в ампулы: от рышковской палеопочвы до нижней части ранневалдайских отложений (сеймский слой)

Цифры на белых ярлыках – отметки глубины H05 в метрах.

Fig. 2. Sampling sites in 2005 in ampoules: from the Ryshkovo paleosol to the lower part of the Early Valdai sediments (Seim layer)

The numbers on the white labels are the H05 depth marks in meters.

ского горизонта. Поэтому образцы на этом участке брались из дополняющих друг друга колонок, чтобы избежать включения в наш ряд более молодого материала. В итоге, в 2007 г. на возобновленном разрезе было взято около 60 образцов в виде крупных призм и 27 образцов-ампул.

Измерения магнитной восприимчивости K и естественной остаточной намагниченности J_n проводились на астатическом магнитометре МАЛ-036 в загородной лаборатории магнитных свойств СПб ИЗМИ РАН.

Материалы и результаты лабораторных исследований

Как показали измерения магнитной восприимчивости, распределение K по разрезу 2005 г. отражает литологический состав разреза (снизу вверх) (табл. 1). На глубинах 7,2–6,7 м, где залегает иллювиально-глинистый горизонт Bt рышковской палеопочвы, среднесуглинистый, ожелезненный, ореховатой структуры, пятнистый, имеет среднее значение K ~ 7.0×10^{-4}ед. СИ. Затем до глубины 6,5 м (осветленный и облегченный по

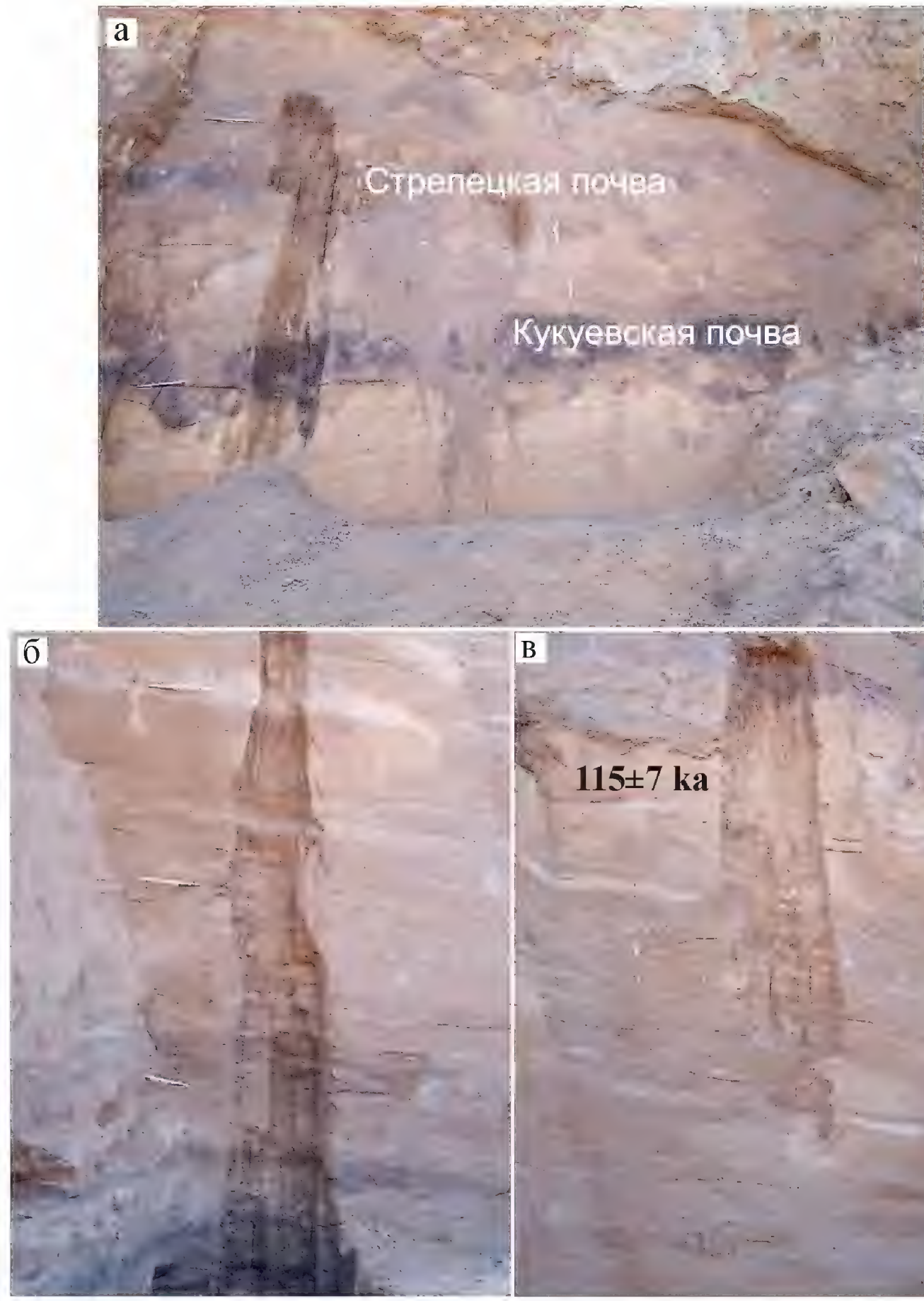


Рис. 3. Места отбора образцов в 2007 г.
а – в ранневалдайских кукуевской и стрелецкой почвах; б – в рышковской палеопочвы и сеймском слое; в – в верхах сеймского слоя, где определены признаки геомагнитного экскурса.

Fig. 3. Sampling sites in 2007
a – in the Early Valdai Kukuyevo and Streletsk soils; b – in the Ryshkovo paleosol and the Seim layer; c – in the upper Seim layer, where signs of geomagnetic excursion were determined.

гранулометрическому составу легкий суглинок – элювиальный горизонт Е) оно уменьшается до $5{,}5\times10^{-4}$ед. СИ. Затем чётко по 3–5 образцам отмечается гумусово-аккумулятивный горизонт А1 рышковской палеопочвы средне- и тяжелосуглинистый, где среднее значение К увеличивается до $9{,}0\times10^{-4}$ед. СИ. Вверх по разрезу в интервале глубин 5,9–5,1 м – в слоистой суглинисто-супесчаной делювиально-солифлюкционной толще (педоседимент рышковской палеопочвы) среднее значение $К = 2{,}5\times10^{-4}$ед. СИ. Такой же характер распределения величины магнитной восприимчивости был получен ранее для горизонтов рышковской палеопочвы, развитой на противоположном склоне палеобалки [Rivas et. al., 2006].

Значения естественной остаточной намагниченности J_n на уровне горизонта Bt рышковской палеопочвы скачкообразно изменяются в пределах 70–20 мА/м, что, очевидно, зависит от степени ожелезненности материала (табл. 2, рис. 4). Затем

Таблица 2. Палеомагнитные данные 2005 года по разрезу Микулинская балка, Александровский карьер(51° 05'с.ш., 36° 08'в.д.)

№	образец (кубики)	Глубина H05, м	J_n,мА/м	К,10^{-4} СИ	D°	I°	Ф°	Λ°	дубли (кубики)	J_n, мА/м	D°	I°	Ф°	Λ°
1	18	5,11	3,8	2,4	288	73	50	345	1А	5,3	21	65	76	136
2	19	5,14	3,7	2,4	357	49	68	223	2А	3,8	344	75	76	1,5
3	20	5,17	3,5	2,5	315	61	59	308	3А	4,1	15	74	78	75
4	21	5,19	9,6	2,5	344	46	63	249	4А	7,0	38	53	57	144
5	22	5,22	7,1	2,9	351	63	81	262	5А	9,8	351	64	82	265
6	23	5,25	10,2	4,0	325	48	56	280	6А	5,4	4,5	67	87	146
7	24	5,28	8,3	2,5	280	60	36	329	7А	7,5	6,6	69	86	109
8	25	5,31	14,0	2,6	25	52	64	162	8А	10,8	16	36	56	189
9	26	5,33	3,5	2,2	226	46	-2	357	9А	9,3	354	54	73	234
10	27	5,36	14,3	2,6	325	66	68	314	10А	9,5	12	55	72	184
11	28	5,39	12,8	2,3	316	77	64	356						
12		5,41												
13	01	5,43	9,0	2,1	6	53	72	201						
14		5,45												
15	03	5,48	12,3	2,4	18	71	79	98						
16	04	5,51	17,8	2,3	1	64	84	207						
17	05	5,54	3,3	2,8	311	28	36	282	17А	4,5	13	64	80	151
18	06	5,57	6,7	2,7	317	73	65	339						
19	07А	5,61	9,1	2,5	18	65	77	138	19А	12,8	11	55	72	187
20	08А	5,65	17,8	3,5	15	57	73	173						
21	09	5,69	8,5	2,5	10	70	83	100	21А	7,6	19	66	77	134
22	10	5,72	9,0	2,0	7	67	85	142						
23	11А	5,75	7,2	2,5	61	63	50	111						
24	12	5,78	8,4	2,1	2	71	86	53						
25	13	5,81	12,2	2,0	51	61	54	120						
26	14	5,84	8,0	4,5	13	70	81	99						
27	15	5,87	12,7	2,4	355	37	59	225						
28	16	5,90	12,8	4,4	325	78	66	3						
29	17	5,93	4,4	4,9	325	87	56	30						
	образец(ампулы)													
30	57	5,90	15,1	4,4	351	55	73	241						
31	56	5,92	14,9	4,0	2	62	82	207						
32	55	5,94	13,6	4,7	358	70	87	14						
33	54	5,97	17,0	4,3	348	73	80	354						
34	53	5,99	13,4	4,7	352	78	74	24						
35	52	6,02	19,2	5,1	4	56	76	204						
36	51	6,04	17,8	4,7	7	64	83	173						
37	50	6,07	21,0	5,9	44	65	61	117						
38	49	6,09	15,1	3,8	2	65	85	199						
39	48	6,11	12,3	3,4	347	64	80	282						
40	47	6,14	16,0	4,2	345	65	80	290						
41	46	6,16	18,7	4,0	347	67	82	302						
42	45	6,18	13,8	4,6	350	68	84	303						
43	44	6,21	17,8	4,8	339	63	74	287						
44	43	6,23	19,0	4,7	7	61	80	187						
45	42	6,26	13,1	3,4	339	62	74	286						
46	41	6,28	16,3	3,6	349	64	81	271						
47	40	6,30	15,4	2,9	353	62	80	249						
48	39	6,32	27,9	3,6	334	64	73	300						
49	38	6,35	21,2	3,5	5	68	87	133						
50	37	6,37	21,6	4,1	13	62	78	162						

Таблица 2. (Окончание)

№	образец (кубики)	Глубина H05, м	J_n,мА/м	К,10^{-4} СИ	D°	I°	Ф°	Λ°	дубли (кубики)	J_n, мА/м	D°	I°	Ф°	Λ°
51	35	6,40	24,0	4,3	360	57	76	216						
52	34	6,42	12,9	3,0	360	57	77	217						
53	33	6,44	13,5	3,4	354	66	85	274						
54	32	6,46	19,9	6,1	353	64	83	257						
55	31	6,49	16,1	4,8	353	53	72	235						
56	30	6,51	15,6	3,4	348	58	75	255						
57	29	6,53	17,3	5,6	339	63	74	289						
58	28	6,56	16,5	4,4	337	64	74	297	58A	13,3	342	61	74	275
59	27	6,58	18,7	5,9	338	68	76	314	59A	14,7	330	71	72	333
60	26	6,60	28,8	9,6	333	66	72	306	60A	17,8	351	63	81	260
61	25	6,63	22,7	7,1	327	64	68	306	61A	23,5	342	68	79	313
62	24	6,65	19,4	6,3	326	66	68	312	62A	13,3	342	62	75	280
63	23	6,67	19,0	5,0	327	63	67	302	63A	14,0	323	58	61	295
64	22	6,70	22,5	3,6	321	80	64	7,5	64A	15,4	327	58	64	290
65	21	6,72	25,6	3,2	342	72	78	343	65A	27,1	347	64	80	282
66	20	6,74	35,5	2,6	327	77	68	357	66A	28,1	320	61	61	303
67	19	6,77	44,8	2,5	336	68	75	314	67A	17,7	333	63	71	294
68	18	6,79	32,7	2,9	336	66	74	303	68A	17,8	334	61	70	289
69	17	6,81	35,4	2,4	291	71	50	339						
70	16	6,84	39,5	2,8	341	66	77	298						
71	15	6,86	50,6	3,0	357	77	76	32						
72	14	6,88	71,6	3,4	337	75	74	354						
73	13	6,90	51,9	3,1	335	72	75	337						
74	12	6,93	36,7	3,0	300	73	56	342						
75	11	6,95	25,4	2,2	347	81	68	26						
76	10	6,98	26,5	2,7	69	89	52	39						
77	9	7,00	38,9	2,3	322	68	67	321						
78	8	7,02	45,0	6,6	36	58	63	138						
79	7	7,05	32,5	5,1	36	58	62	139						
80	6	7,07	52,1	6,1	6	67	86	142						
81	5	7,10	44,7	6,3	22	67	76	121						
82	4	7,12	33,2	7,1	59	71	55	96						
83	3	7,14	18,8	4,6	29	65	70	128						
84	2	7,17	37,1	6,6	23	67	75	122						
85	1	7,19	19,1	4,2	6	76	78	50						
86		7,20												

при переходе к горизонту А1 значения J_n уменьшаются до 40–20 мА/м и менее.

Стереографическая проекция распределения направлений векторов естественной остаточной намагниченности J_n представлена на рис. 5. Среднее направление вектора J_n для 107 образцов составляет D=352°, I=67°, K=29, α_{95}=3°, но на стереографической проекции отмечается несколько образцов с заниженными значениями угла наклонения I°.

Распределение координат виртуальных палеомагнитных полюсов (ВПП) по всему разрезу заполнения московско-микулинского палеоврезa представлено на рис. 6. Из рисунка видно, что значения наклонения нескольких образцов снижаются до 30° с. ш., что может служить признаком возможного геомагнитного экскурса [Петрова и др., 1992] (Petrova, et al., 1992). На рис. 6 специальным значком ▼ отмечен образец с порядковым номером 9 (глубина 5,33 м), показавший координаты ВПП по широте Ф=2°S, по долготе Λ=2,57°W, что, возможно, может указывать на запись геомагнитного экскурса. Этот образец отобран в верхней части сеймского слоя. Образец, отобранный на ОСЛ датирование с этой же глубины, показал возраст 115 тыс. лет назад [Сычева и др., 2015] (Sycheva, et al., 2015).

Для проверки наличия геомагнитного экскурса проводилось более детальное опробование аномальных горизонтов разреза. Всё вышесказанное

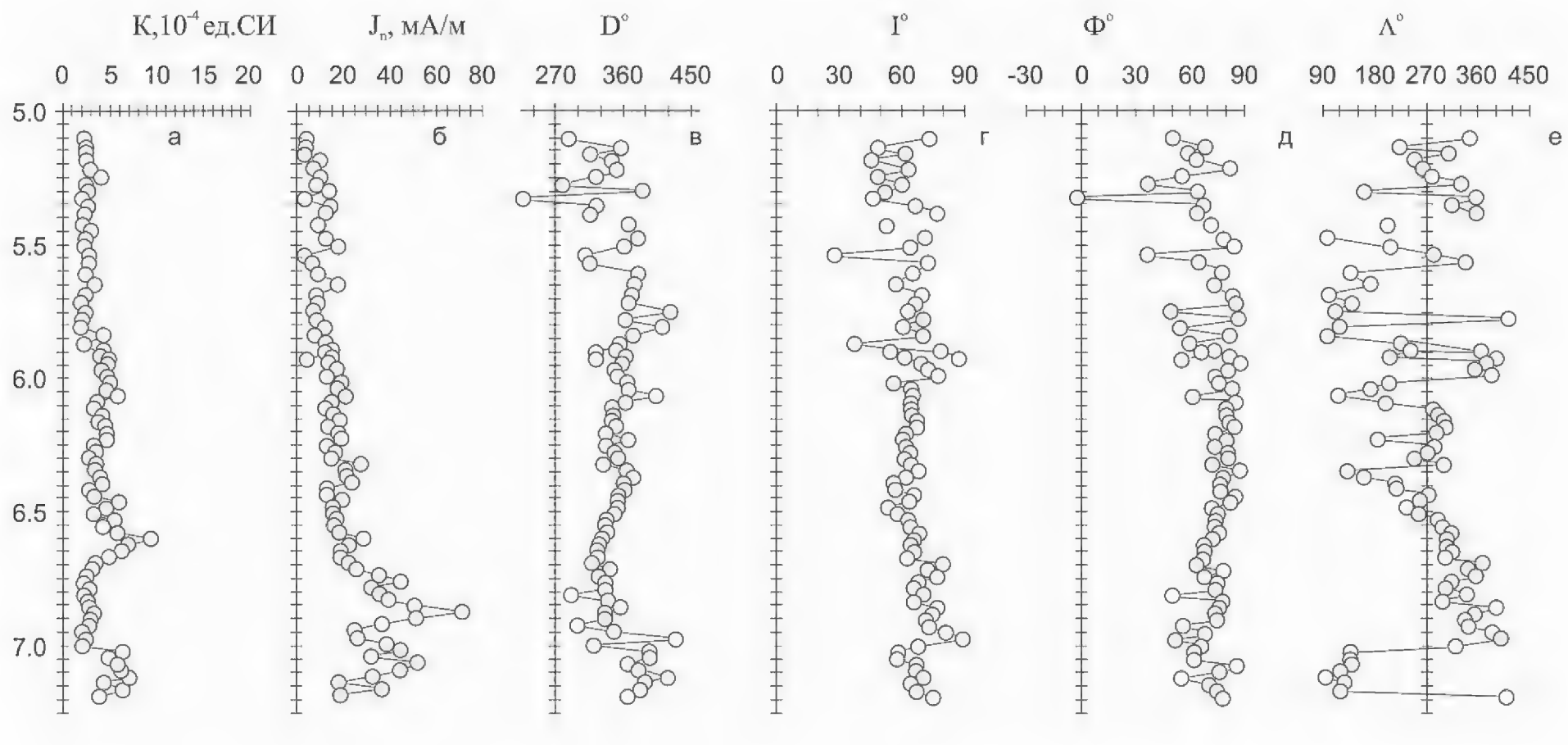


Рис. 4. Изменение значений магнитной восприимчивости К (а).
Fig. 4. Change in the values of the magnetic susceptibility to (a).

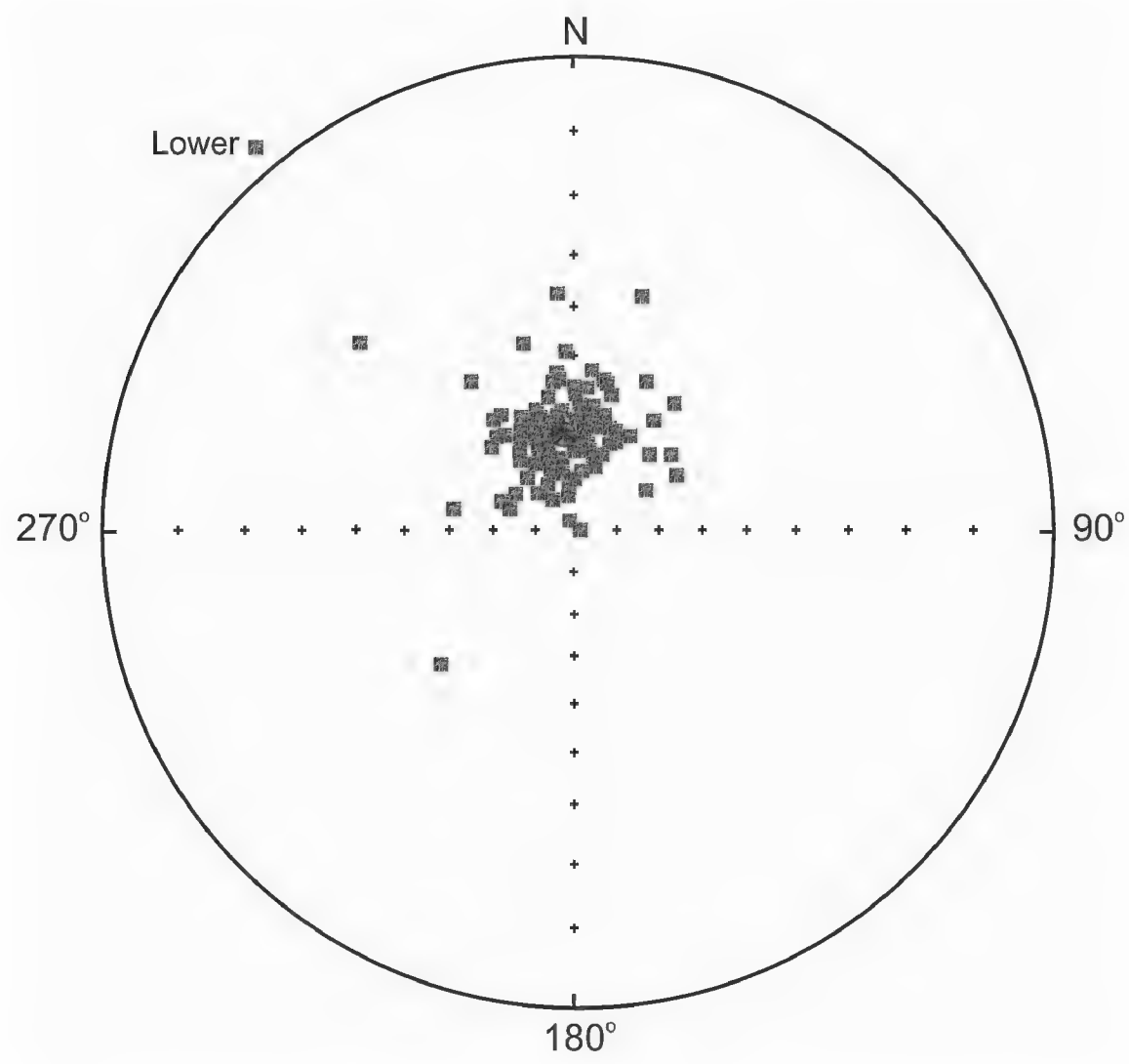


Рис. 5. Распределение направлений векторов естественной остаточной намагниченности J_n.
Fig. 5. The distribution of the directions of vectors of natural remnant magnetization J_n.

отражено в сводной таблице 2, где включены значения палеомагнитных характеристик J_n, D°, I°, К, координаты виртуальных геомагнитных полюсов Ф° и Λ° для образцов и их дублей, если они отбирались, и глубина отбора образцов. Как можно видеть из таблицы 2, до глубины 7,19–6,81 м значения широты виртуального геомагнитного полюса Ф° не опускаются ниже 52°N (образец №76) и ожидать отражения экскурса геомагнитного поля затруднительно. Кроме того, отмечается и оже-

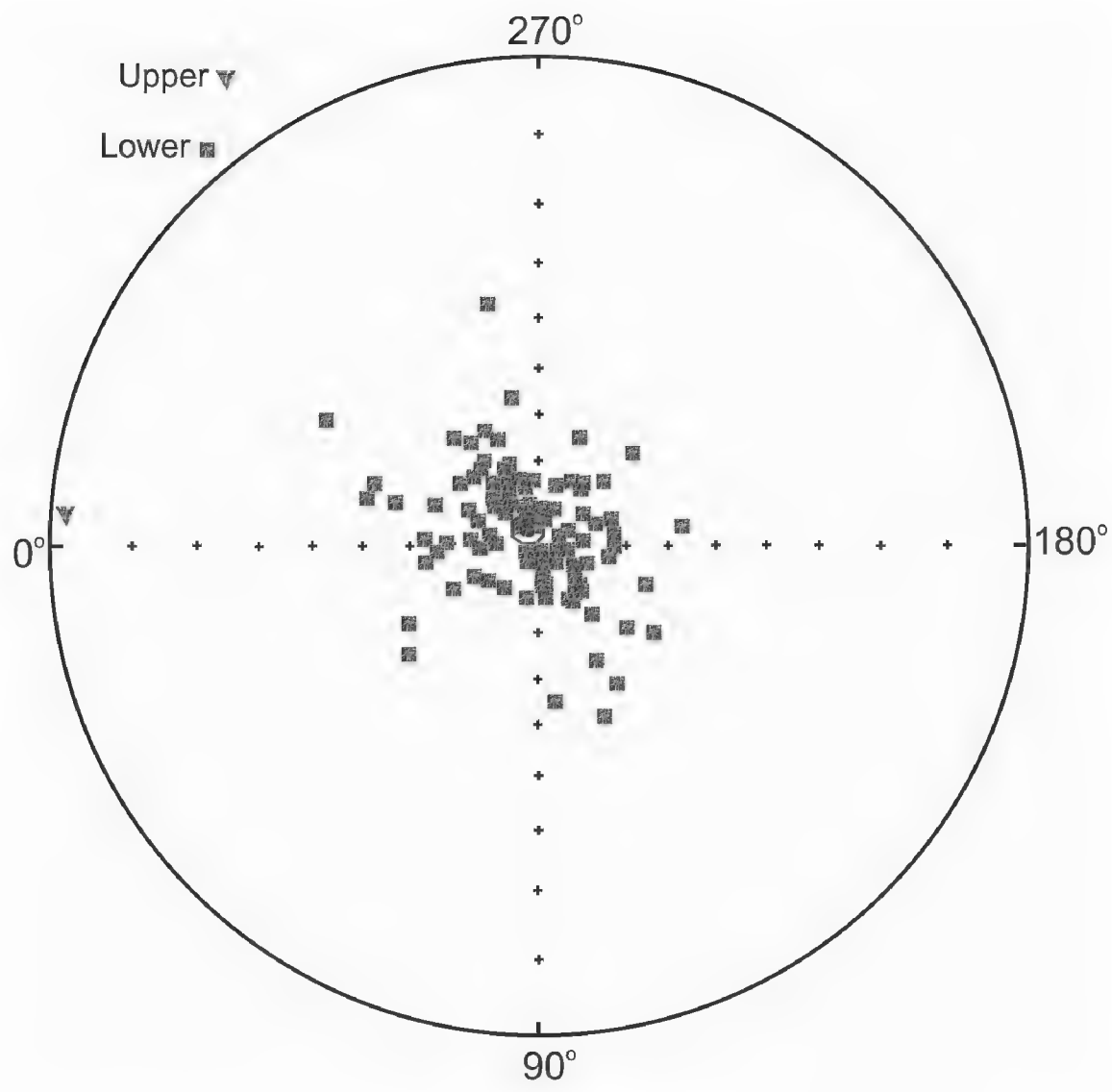


Рис. 6. Распределение координат виртуальных палеомагнитных полюсов (ВПП) по заполнения московско-микулинской палеобалки.

Fig. 6. The distribution of the virtual coordinates of the paleomagnetic pole (WFP) for filling in Moscow-Mikulino paleobalke.

лезненность отложений разреза – значения естественной остаточной намагниченности J_n доходят до 71,6 мА/м (образец №72), а магнитной восприимчивости К – до 7×10^{-4}ед. СИ (образец №82).

В интервале глубин 6,77–6,56 м, где фиксируется верхняя часть профиля рышковской почвы, изменение J_n наблюдается в пределах (48,8–16,5) мА/м, причём неравномерно. То же – и для дублей (образцы дублей 68А–58А), кроме образца №67А. Из этой же таблицы видно, что для образцов дублей координаты ВГП также не выходят за пределы 60° с.ш. по широте Ф° и (260–333)° по долготе Λ°, и экскурса геомагнитного поля не наблюдается. Для глубины 6,53–6,11 м значения координаты Ф° для ВГП не спускаются ниже 72° (табл. 2).

Определим траекторию ВГП по образцам № 38–30 (глубина 6,09–5,90 м), где произошла смена отбора образцов от стеклянных ампул к кубикам. На рис. 7а представлено распределение значений J_n с глубиной для образцов ампул №№38–30. Значения J_n изменяются в пределах (13,4–21,0) мА/м, распределение довольно равномерное. Значения J_n уменьшаются в пределах (12,8–4,4) мА/м. Координаты ВГП не выходит за пределы 60° с.ш. (табл. 2, рис. 7б). Иначе ведут себя образцы кубиков далее вверх по разрезу (№№29–22), причём специально отмечены образцы №№29, 28, отобранные на той же глубине, что и образцы ампул №№31, 30. Последовательность положения ВГП наблюдается такой же, как и для ампул – по часовой стрелке, но для образцов №№29, 25 и 23 происходит последовательное снижение широты ВГП – 56°, 54°, 50° с. ш., что может служить признаком экскурса геомагнитного поля [Поспелова, 2002, 2004] (Pospelova, 2002, 2004).

Положение ВГП представлено на рис. 7б: продолжается и снижение широты ВГП до 36°с.ш. (образец №17). К сожалению, образцы дублей не повторяют этого, их слишком мало, но движение ВГП по дублям №№21А, 19А, 17А и образцам №№21, 20, 19 совпадает, пропадает лишь "петля" по образцам №№18, 17, 16, 15.

Для глубины 5,36–5,11 м отобрано 10 образцов кубиков и 10 образцов дублей из параллельного разреза (рис. 8 а, б). Распределение значений J_n подобно, кроме образца №26, показывающего низкое значение J_n по сравнению с окружающими образцами – такие значения J_n отмечены лишь в самом верху разреза (образцы №№3, 2, 1). Для образцов дублей таких низких значений J_n практически не наблюдается на этой глубине. В положении ВГП для образцов кубиков (рис. 8 б) отмечается

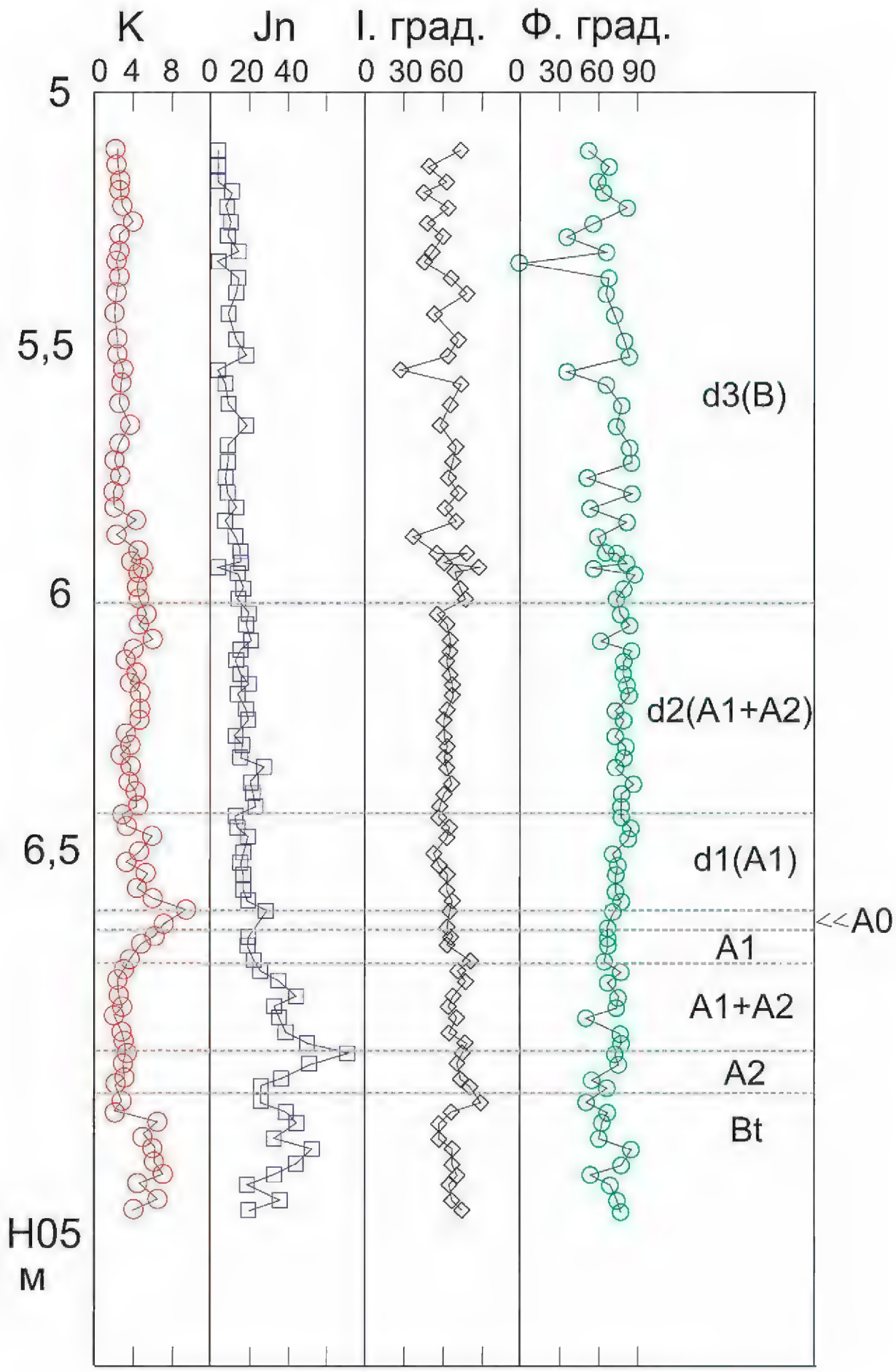


Рис. 7а. Распределение значений J_n с глубиной для образцов ампул (разрез 2005 г.)
Fig. 7a. The distribution of values J_n with depth for samples vials (cut 2005)

понижение широты ВПП для образца №26 до 2°S (таблица).

Имея распределение значений магнитных характеристик по разрезу I, построенному по образцам отбора 2005 г., объём которых 8 см^3, можно построить график относительного изменения К и J_n и по данным 2007 г. Такая зависимость была построена для разрезов I, II, III. Для образцов отбора 2005 г. максимальное значение К составляет $9{,}6\times10^{-4}$ ед. СИ (образец 60 по порядковому номеру) для J_n максимальное значение составляет 71,6 мА/м (образец №72), что отражено в сводной таблице. С учётом объёма образцов 2007 г. графики относительных изменений магнитных характеристик по глубине разрезов представлены на рис. 9, а исходные данные – в таблице 2. Сравнение результатов измерений магнитных характеристик, полученных в разные годы в разных лабораториях, позволило построить графики относительного распределения магнитных характеристик по глубине для трёх разрезов и отметить стратиграфические границы палеопочв (рис. 9, 10, табл. 2).

Образцы отбирались с широких расчисток, поэтому особенности почвенных горизонтов опи-

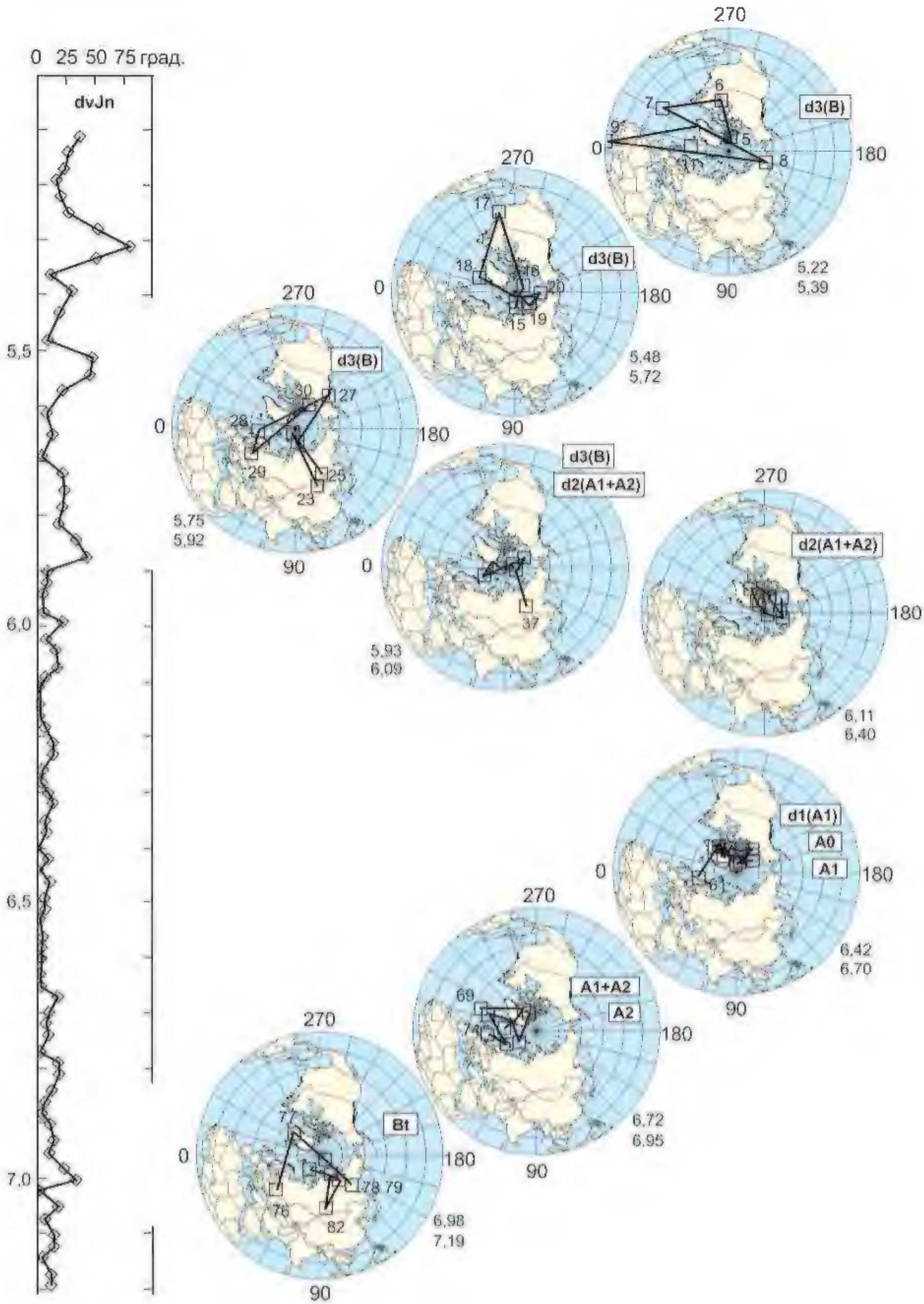
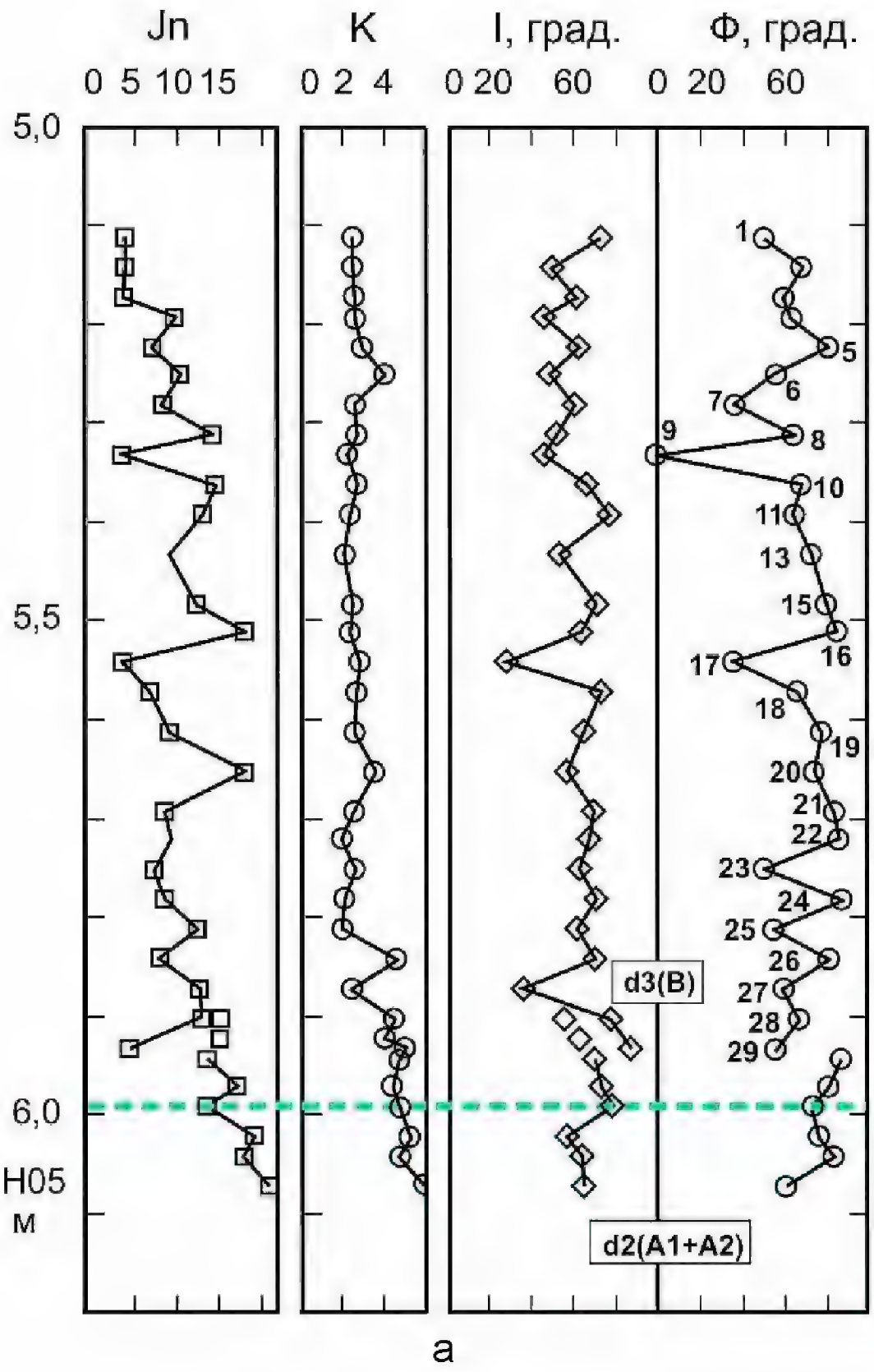
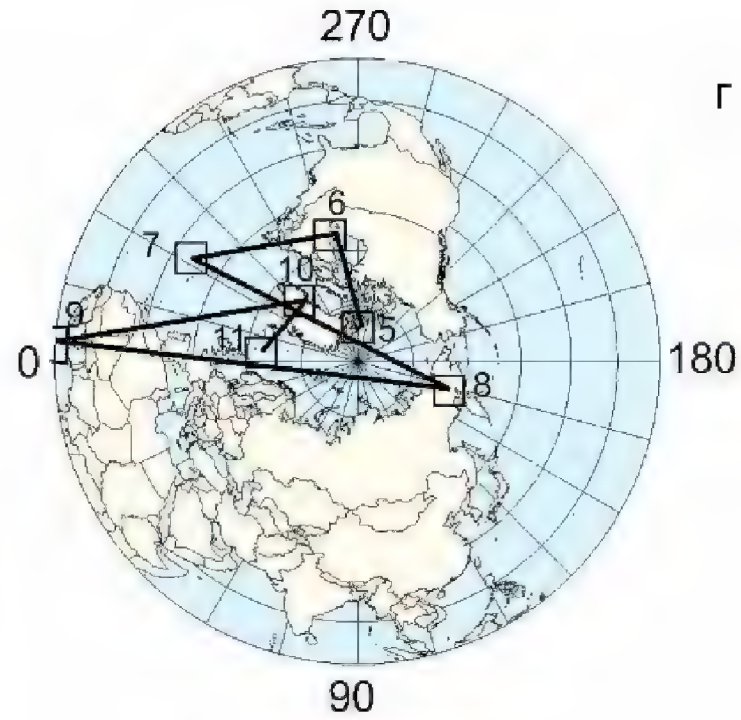


Рис. 7б. Положение виртуального палеополюса (ВПП) по образцам разреза 2005 г.
Fig. 7b. The position of the virtual paleopole (WFP) on samples cut 2005





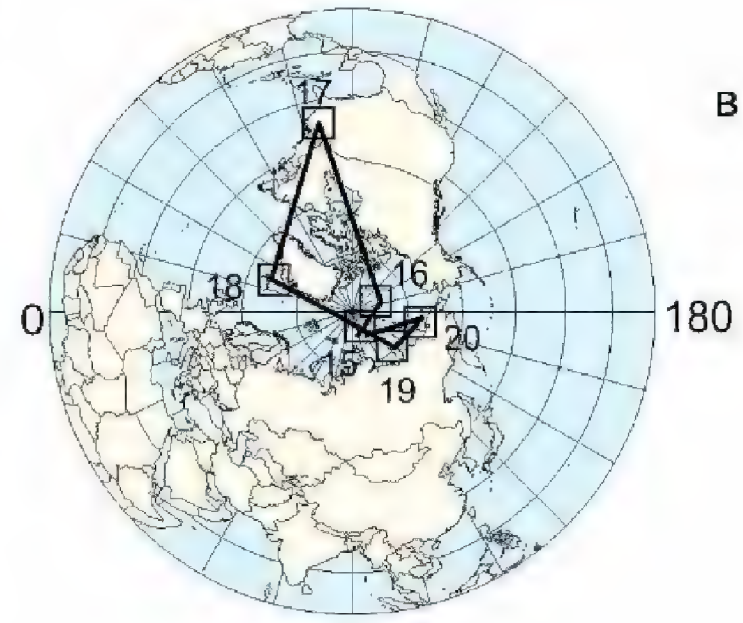


Рис. 8: а) магнитные характеристики сеймского слоя (МИС 5d); справа: б, в, г) положение виртуального палеополюса (ВПП).

Fig. 8: a) the magnetic characteristics Seim layer (MIS 5d); right: b, C, d) status of the virtual paleopole l (WFP).

саны весьма детально. Соответственно и изменение магнитных параметров породы с глубиной (и возрастом) сделаны по возможности подробно и объективно.

Результаты измерений величины модуля вектора Jn и магнитной восприимчивости К представлены в таблице 4, где после порядкового (№ п/п) и лабораторного (№ лаб) номеров образца указаны полевая отметка глубины Н07, объем образца, его длина в см, величина намагниченности J_n в мА/м, в последнем столбце – величина магнитной восприимчивости К в единицах СИ (0.0001 ед. СИ обо-

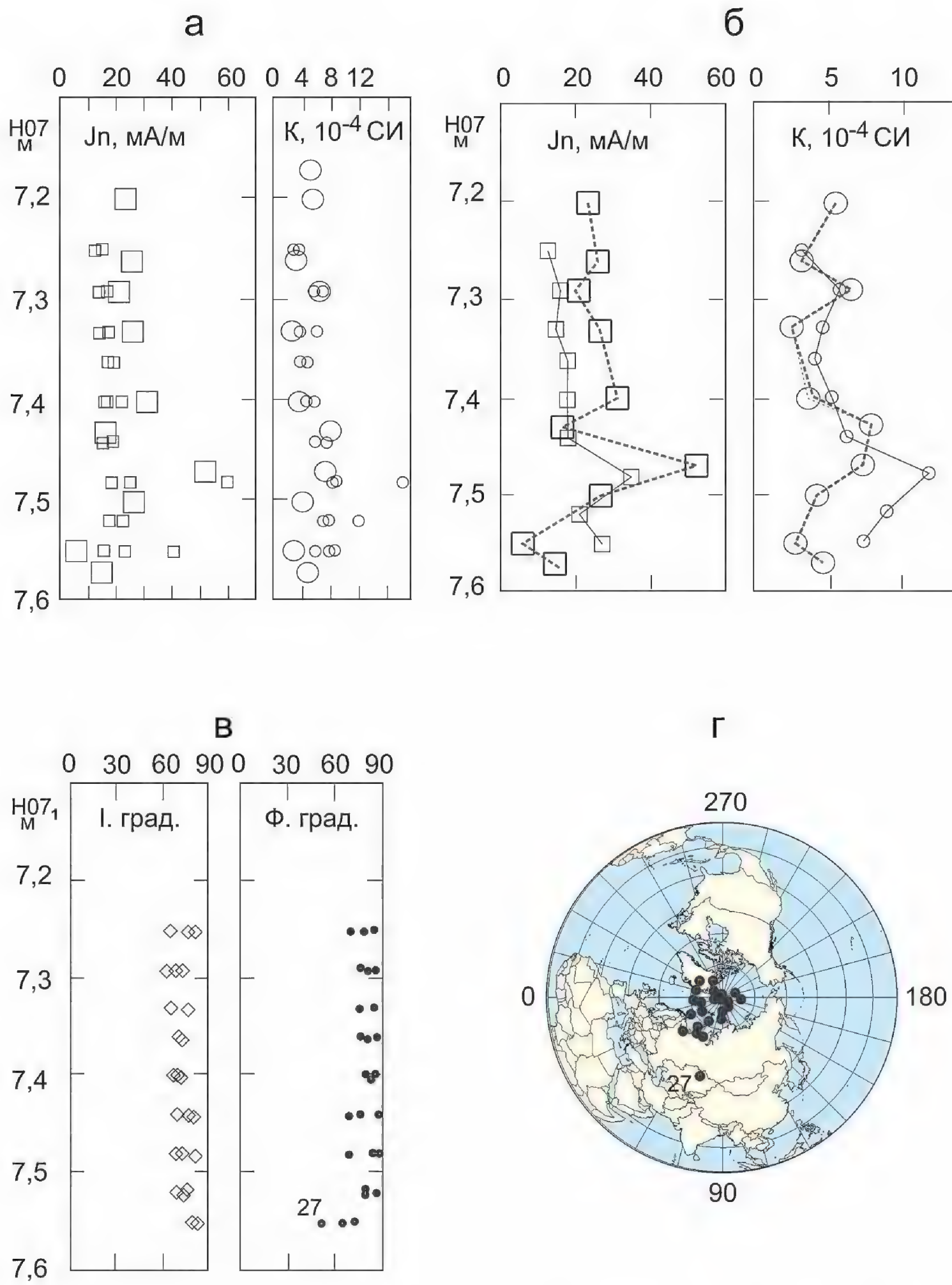


Рис. 9. Магнитные характеристики горизонтов рышковской палеопочвы по образцам 2007 года

а) распределение восприимчивости К (кружочки, левая панель) и остаточной намагниченности J_n (квадратики, правая панель) по глубине H07: маленькие значки – измерения по образцам в ампулах и крупные значки – измерения по большим образцам-призмам; б) сравнение послойно осредненных результатов измерений К и J_n образцов в ампулах с К и J_n по образцам-призмам: сплошная линия с маленькими значками – по ампулам, пунктирная линия с крупными значками – по образцам-призмам, в) изменение (угла) наклонения I° вектора намагниченности J_n (левая панель) и широты Ф° виртуального палеополюса ВПП (правая панель) по образцам в ампулах; г) положение ВПП на стереографической проекции северного полушария по тем же данным. Номер образца с наиболее аномальным положением ВПП (№27 по табл. 4) отмечен на рис. 9 в и 9 г.

Fig. 9. Magnetic characteristics of the horizons of the Ryshkovo paleosol according to samples from 2007

a) distribution of the susceptibility to (circles, left panel) and the residual magnetization J_n (squares, right panel) over the depth H07: small icons-measurements from samples in ampoules and large icons-measurements from large samples-prisms; b) comparison of layer-by – layer averaged results of measurements of K and J_n samples in ampoules with K and J_n by prismatic samples: a solid line with small icons – by ampoules, a dotted line with large icons-by prismatic samples, c) change (angle) of inclination I° of the magnetization vector J_n (left panel) and latitude F° of the virtual paleopole of the runway (right panel) by samples in ampoules; d) the position of the runway on the stereographic projection of the northern hemispheres according to the same data. The number of the sample with the most abnormal runway position (No. 27 according to Table. 4) is marked in Fig. 9 b and 9 d.

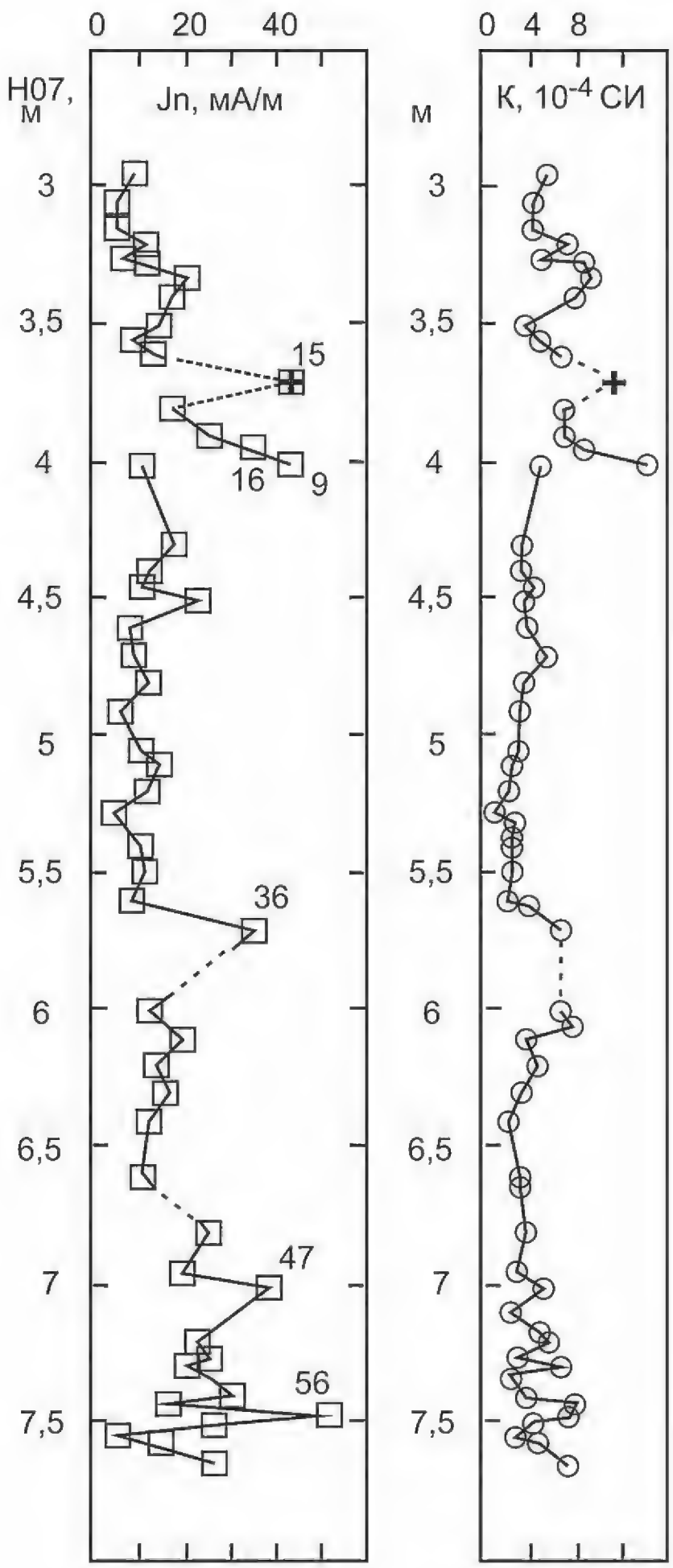


Рис. 10. Изменение намагниченности J_n и магнитной восприимчивости К по всей высоте (протяженности) составного разреза от H07=7,6 м до H07=2,9 м по измерениям крупных образцов-призм

а) – J_n (квадратики); б) – К (кружочки). Пунктирные линии на графиках проведены на глубинах, с которых образцы раскрошились. Крестиками отмечены измерения J_n и К по сохранившейся небольшой части очень трещиноватого образца №15. Цифры на графике J_n указывают номера (согласно табл. 4) некоторых образцов, упоминаемых в тексте.

Fig. 10. Changes in the magnetization J_n and magnetic susceptibility K over the entire height (length) of the composite section from H07=7.6 m to H07=2.9 m according to the measurements of large samples-prisms

a) – J_n (squares); b) – K (circles). The dotted lines on the graphs are drawn at the depths from which the samples crumbled. The crosses indicate the measurements of J_n and K for the preserved small part of the very fractured sample No. 15. The numbers on the J_n graph indicate the numbers (according to Table. 4) some samples mentioned in the text.

значается как 10^{-4} ед. СИ). Результаты измерений образцов-ампул 2007 г. представлены в таблице 5. В ней, как и в таблице 1, после порядкового номера следует полевой, затем глубина отбора образца H07, величины J_n (в мА/м) и К (в единицах СИ), склонение D° и наклонение I° вектора J_n, широта Ф° и долгота Λ° ВГП. В таблице 6 данные по J_n и К представлены в виде послойного осреднения (для 9-ти слоев одной глубины): в первой колонке глубина H07, во второй – средняя величина J_n на этой глубине, в третьей – стандартное (среднеквадратическое) отклонение J_n от среднего, в четвертом – относительная ошибка измерения величины J_n (в %); в пятой колонке – средняя величина магнитной восприимчивости К, далее ее стандартное отклонение и относительная ошибка измерения К в %.

Результаты магнитных характеристик представлены различными значками с учётом схемы отбора образцов по глубине, начиная с низов разреза (образцы №№ 1–9, 11–19, 21–29) (рис. 2 а). Из сводной таблицы видно, что максимальное значение магнитной восприимчивости К достигает $18{,}2\times10^{-4}$ед. СИ, а естественной остаточной намагниченности – 60,2 мА/м (образец № 23). Для самого глубокого уровня (7,55 м) можно заметить постепенное уменьшение широты ВГП – 73°, 65°, 51°, но на фоне ожелезненности горизонта Bt рышковской палеопочвы ожидать возможного экскурса геомагнитного поля затруднительно.

Рассмотрим в первую очередь результаты измерений 2007 г. в том интервале глубин, где удалось отобрать разными методами несколько колонок образцов, и поэтому можно количественно оценить погрешность измерений и неоднородность магнитных характеристик породы. Таковым является интервал глубин от 7,6 м до 7,2 м. Результаты измерений на этих глубинах из таблиц 3, 4 и 5 сведены на графиках рисунка 9 (а, б, в, г). Крупными значками нанесены результаты измерений по большим образцам-призмам: J_n (квадратики) и К (кружки) согласно таблице 3, маленькими значками – результаты измерений J_n и К по образцам в ампулах (табл. 4). Рис. 9 а позволяет наглядно сравнить результаты измерений палеомагнитных характеристик Jn и К независимыми методами одного и того же участка рышковской палеопочвы. Видимо, из-за слоистости и неоднородности породы отдельные, даже расположенные на рас-

Таблица 3. Результаты измерений J_n и К больших образцов, 2007г.

№ п/п	№ лаб	H07, м	V,см^3	L, см	J_n, мА/м	К,10^{-4}СИ
1	45	2,95	76,5	8,5	8,9	5,4
2	46	3,05	60	7,5	4,6	4
3	47	3,15	92	7,5	4,7	4
4	48	3,25	63,5	6	6,2	4,6
5	49	3,5	70	8	13,9	3,5
6	50	3,55	68	5,5	8,7	4,6
7	51	3,8	57	6,5	17,3	6,7
8	52	3,9	61	7	26,1	6,8
9	53	4	44	5,5	43,1	14
10	54	3,2	79	7,5	11,4	7
11	55	3,26	58	5,5	11,7	8,4
12	56	3,32	45	6	20,2	9
13	57	3,39	54	6	17,0	7,6
14	58	3,6	62,5	8,5	13,3	6,5
15	59	3,7	24	4	43,4	11,4
16	60	3,94	54	6	35,2	8,4
17	1	4,01	52,5	5	10,1	4,6
18	2	4,3	87,5	7	17,6	3
19	3	4,4	84	7	12,4	3,1
20	4	4,45	66	5,5	10,8	4
21	5	4,5	73,5	7	23,4	3,2
22	6	4,6	84	7	8,1	3,7
23	7	4,7	58	6,5	8,9	5,4
24	8	4,8	87	7	12,0	3,3
25	9	4,9	98	7	6,0	3
26	10	5,05	96	8	10,9	2,8
27	11	5,1	90	6	14,7	2,4
28	12	5,2	94,5	7	12,0	2
29	13	5,28	70	7	4,5	0,7
30	14	5,31	35	7	---	2,6
31	15	5,36	40	5	---	2,3
32	16	5,4	75	5	10,1	2,4
33	17	5,49	72	6	11,5	2,5
34	18	5,61	47	4,5	---	3,8
35	19	5,6	42	4,4	8,6	2
36	20	5,7	108	9	35,4	6,5
37	21	6	63	6	13,1	6,6
38	22	6,05	64	6	---	7,6
39	23	6,1	52,5	6	19,7	3,6
40	24	6,2	108	9	13,7	4,5
41	25	6,3	126	9	16,0	3,3
42	26	6,4	112	8	12,4	2
43	27	6,6	72	6	11,5	3
44	28	6,65	36	4	---	3,3
45	29	6,8	108	9	25,3	3,7
46	30	6,95	63	7	20,1	2,8
47	31	7	56	8	39,0	5,1
48	32	7,1	108	9	---	2,4
49	33	7,17	60	6	---	4,8
50	34	7,2	74	7	23,2	5,5
51	35	7,26	78	7	26,1	3,1
52	36	7,29	105	10	20,7	6,5
53	37	7,33	94	9	26,2	2,5
54	38	7,4	84	8	30,7	3,7
55	39	7,43	98	7	16,6	7,8
56	40	7,47	126	9	52,1	7,2
57	41	7,5	86	7	26,3	4,2
58	42	7,55	144	9	5,7	2,8
59	43	7,57	98	7	14,8	4,7
60	44	7,65	80	6,5	27,0	7,2

Таблица 4. Палеомагнитные характеристики Рышковской палеопочвы Микулинского межледниковья по образцам – ампулам, отобранным в Александровском карьере в 2007 г.

№ п/п	№ лаб.	H07, м	J_n, мА/м	К, 10^{-4}СИ	D°	I°	Ф°	Λ°
1	9	7,25	12,5	3,0	3	65	85	193
2	8	7,29	14,1	5,5	342	73	77	349
3	7	7,33	14,1	3,6	4	65	85	188
4	6	7,36	17,4	3,5	339	70	77	327
5	5	7,40	17,0	5,2	347	67	81	302
6	4	7,44	15,7	5,8	345	76	76	8
7	3	7,48	18,4	8,2	357	71	85	15
8	2	7,52	17,8	7,8	351	75	79	14
9	1	7,55	23,4	7,9	355	79	73	30
10	19	7,25	12,0	3,3	359	76	78	33
11	18	7,29	17,1	5,8	7	68	85	117
12	17	7,33	17,0	6,2	12	76	76	59
13	16	7,36	17,6	3,8	358	70	87	17
14	15	7,40	15,7	4,6	353	69	85	332
15	14	7,44	19,3	5,6	2	69	88	96
16	13	7,48	25,4	8,8	358	68	89	334
17	12	7,52	23,1	11,9	7	68	86	124
18	11	7,55	40,9	8,5	6	83	65	39
19	29	7,25	14,5	3,7	14	80	70	50
20	28	7,29	17,8	7,0	8	63	82	174
21	27	7,33	14,8	3,9	6	63	82	182
22	26	7,36	18,9	4,8	13	72	80	85
23	25	7,40	21,9	5,7	10	71	83	88
24	24	7,44	18,9	7,5	24	79	69	62
25	23	7,48	60,2	18,2	20	80	69	56
26	22	7,52	22,3	6,9	15	73	79	82
27	21	7,55	16,1	5,8	76	78	51	73

стоянии 2–3 см друг от друга, образцы (как крупные, так и в ампулах) дают иногда значительное различие в значениях J_n или К. Однако в среднем по толще в несколько десятков (30–40) сантиметров результаты оценки средних величин и Jn, и К оказались близкими: по ампулам среднее J_n равно 20,4 мА/м, а по призмам с той же глубины (образцы №№49–58) среднее J_n равно 24,2 мА/м. Ошибка среднего для ампул составляла 2 мА/м, а для призм 4 мА/м. Средняя величина К по ампулам равна 0,00065 ед. СИ, а по призмам 0,00048 ед. СИ при ошибке среднего 0,00006 ед. СИ. Таким образом, примерно для 30-сантиметровой толщи рышковской палеопочвы средние величины J_n, определенные по призмам и по ампулам, в пределах ошибки совпали, а величины К, определенные по образцам в ампулах, оказались в среднем на 25% больше, чем по образцам-призмам.

На рисунке 9 б даны результаты измерений по призмам (крупные значки, пунктирные линии) в сравнении с осредненными данными по ампулам (мелкие значки, сплошные линии), представленными в таблице 5). При таком сравнении объемы породы, которыми представлена каждая точка графика, сближаются (то есть фактор соразмерности размера сравниваемых образцов улучшается), соответственно результаты оценки параметров по крупным образцам-призмам и образцам-ампулам становятся более сопоставимыми. Из рисунка 9 б следует, что характер изменения магнитных параметров породы с глубиной (и, соответственно, с возрастом), полученный по образцам-призмам, похож на таковой при измерениях образцов в ампулах как для параметра J_n, так и для параметра К, хотя имеется некоторое относительное смещение кривых на графике. Создается впечатление, что высокие значения J_n и К обусловлены тонким прослоем(ями) с повышенными величинами J_n и К на глубине около 7,5 м, который, не будучи горизонтальным, в соседних колонках оказался немного (в пределах 2,5 см) смещенным по глубине. На той же примерно глубине (H07=7,48 м), согласно таблице 5, образцы-ампулы показывают наибольшую ошибку в оценке измеряемых параметров как в абсолютном выражении, так и относительную: для Jn она равна 18.3 мА/м (относительная ошибка 53%), для К она равна 0.000458 ед. СИ (39%). В интервале глубин H07=7,44–7,25

Таблица 5. Результаты послойного осреднения параметров J_n и К образцов рышковской палеопочвы, отобранным ампулы в 2007 г.

№ п/п	№ лаб.	Гл., м	J_n сред	ср. кв. откл.	отн. ош., %	К сред	ср. кв. откл.	отн. ош., %
1	9	7,25	13,0	1,08	8	3,33	0,20	9
2	8	7,29	16,3	1,60	10	6,10	0,65	11
3	7	7,33	15,3	1,24	8	4,57	1,16	25
4	6	7,36	18,0	0,66	4	4,03	0,56	14
5	5	7,40	18,2	2,67	15	5,17	0,45	9
6	4	7,44	18,0	1,61	9	6,30	0,85	13
7	3	7,48	34,7	18,3	53	11,7	4,58	39
8	2	7,52	21,1	2,33	11	8,87	2,18	25
9	1	7,55	26,8	10,4	39	7,40	7,40	16

м (верхние 6 рядов ампул) относительная ошибка оценки параметров значительно ниже: для Jn она лежит в пределах от 4% до 15%, а для К – в пределах от 9% до 25%. Заметим, что согласно таблице 2, верхние ряды ампул отобраны из породы, имеющей хорошо выраженную пологую слоистость, а нижние отобраны из породы таким качеством не обладающей.

На рисунке 9 в показаны измеренные по образцам-ампулам изменения наклонения I° вектора остаточной намагниченности J_n и широты Ф° виртуального геополюса в зависимости от глубины H07 (табл. 4). Рисунок свидетельствует о хорошей внутренней сходимости результатов измерений угловых параметров как I°, так и Ф° в трех параллельных колонках образцов-ампул, а также указывает на слабую их зависимость от глубины H07.

Рисунок 9 г представляет положение ВПП на стереографической проекции Северного полушария по всем 27 образцам (табл. 4). Довольно компактное расположение полюсов на проекции позволяет сделать вывод, что в период формирования осадочной породы на глубине H07=7,55–7,25 м положение ВГП отличалось стабильностью (а породы, к тому же, сохранили свою изначальную ориентировку в пространстве и магнитные свойства до наших дней), за исключением, может быть, слоя, откуда отобран самый нижний ряд ампул, и к которому принадлежит образец под №27 в таблице 4.

На рисунке 10 представлено изменение намагниченности J_n (квадратики) и магнитной восприимчивости К (кружочки) по всей высоте (протяженности) составного разреза от H07=7,6 м до H07=2,9 м по измерениям крупных образцов-призм (табл. 3). Пунктирные линии на графиках проведены на глубинах, с которых образцы раскрошились. Крестиками отмечены как ненадежные измерения Jn и К по сохранившейся небольшой части очень трещиноватого образца №15, так как не исключено, что магнитные характеристики уцелевшей (то есть более прочной части образца) отличаются от характеристик утраченной части. Цифры на панели графика J_n указывают номера (некоторых, наиболее интересных) образцов по табл. 3. Справа на рисунке для удобства сопоставления дана предельно сокращенная информация из табл. 2. Как видно из рисунка, величина J_n по разрезу изменялась в пределах от 4,5 до 52 мА/м, а величина К пределах от 0,0001 до 0,0014 ед. СИ.

Рассмотрим поведение магнитных характеристик всего разреза 2007 г. с глубины H07=7,6 м до H07=2,9 м подробнее. Величина остаточной намагниченности Jn (рис. 10 а) имеет устойчиво низкие значения (менее 20 мА/м) на интервалах глубин H07= 6,6–6,0 м, H07=5,6–4,6 м и H07=3,2–2,9 м. Высокие значения J_n (более 35 мА/м) имеют образцы № 56 (H07=7,47 м), №47 (H07=7 м), №36 (H07=5,7 м), пара образцов (№ 9 и №16) на глубине H07=3,94–4,0 м, а также не очень надежный образец №15 (H07=3,7 м). В интервале глубин 7,6–7,0 м наблюдается чередование высоких и низких значений J_n от образца к образцу, там же, на глубине 7,5 м, находится максимальный перепад (контраст) в величине J_n. Как следует из табл. 2, глубина H07=7,55 м является нижней границей гумусового горизонта рышковской палеопочвы. Эта граница отделяет пластичный влажный глинистый слой палеопочвы от плотного светлого легкого суглинка и является водоупорной поверхностью, то есть имеет совершенно иные механические характеристики, чем вся вышележащая толща разреза. Повышенным контрастом величины Jn отмечается также переход разреза в кукуевскую палеопочву, хотя в последнем случае переход совпадает со сменой расчистки с «западной стенки» на «северную стенку», и граница этого перехода по нашим данным определяется только приближенно. Можно еще отметить глубину H07=5,7 м, откуда отобран образец с аномально большим значением J_n=35,4 мА/м (№36). Как сле-

дует из полевого описания разреза (табл. 1), на этой глубине были и признаки сползания породы, и перевернутые куски породы – следы пожаров и солифлюкции. Вероятно, можно предположить, что здесь в результате пожара на каких-то участках поверхности порода могла утратить намагниченность, создавшуюся в ней во время осаждения (образования), и получить (большую по величине) термоостаточную намагниченность в магнитном поле Земли, существовавшем на момент пожара. На графике изменения магнитной восприимчивости К (рис. 10 б) с глубиной, подобно J_n, имеются участки (быстрого) чередования пониженных и повышенных значений К, и участки стабильно пониженных значений К. Чередование К наблюдается на тех же глубинах, что и по J_n, т.е. при Н07=7,6–7,3 м, однако, повышенные значения К на этом участке почти вдвое меньше, чем максимальное по разрезу К, равное 0,0014 ед. СИ, которое мы видим в подошве кукуевской палеопочвы. Интервалы глубин Н07=6,9–6,1 м и Н07=5,1–4,8 м являются участками стабильно пониженных значений К (К<0,0004 ед. СИ). На участке Н07=6,1–5,7 м значения К, вероятно, держатся на среднем уровне около 0,0007 ед. СИ, хотя образец в середине участка раскрошился. Наибольших величин К (К=0,0014 ед. СИ) достигает на границе с кукуевской палеопочвой и в самой почве; на нижней границе стрелецкой палеопочвы и ее В-горизонта также наблюдаются высокие значения К.

Заключение

Проведенные палеомагнитные измерения являются пионерными на Восточно-Европейской равнине для исследуемого микулино-ранневалдайского интервала. Они охватывают непрерывным рядом отбора образцов из 4,5-метровой толщи осадочных терригенных пород, формировавшихся многие десятки тысяч лет – в первую половину позднего плейстоцена (128000–65000 л.н.). В нижней части ранневалдайских отложений, коррелируемых с МИС 5d, установлен возраст по ОСЛ – 115±7 ka BP. Именно здесь определен конец электромагнитного экскурса, вероятно, Блейка. Завершение экскурса пришлось на похолодание, о чем ранее указывала Г.А. Поспелова [2004] (Pospelova, 2004), отмечая, что климатическая обстановка во время экскурсов динамичная с периодическими потеплениями и похолоданиями, иссушениями и увлажнениями. Но начало и завершение экскурсов совпадают со сменами климатов, в нашем случае со сменой межледникового климата на ледниковый.

Магнитная восприимчивость в палеопочвах выше, чем разделяющих педоседиментах, особенно это выражено для гумусовых горизонтов. Максимальное значение для рышковской палеопочвы характерно для – гор. А1, испытавшего воздействие сильнейшего пожара и тяжелосуглинистого гумусированного педоседимента, переотложенного в результате послепожарной эрозии. Магнитная восприимчивость в палеопочвах имеет такой же характер распределения по текстурно-дифференцированному профилю рышковской палеопочвы, как и в современных почвах, аналогичных по генезису [Вадюнина, Бабанин, 1972] (Vadyunina, Babanin, 1972). Значительные величины магнитной восприимчивости характерны для иллювиально-глинистых горизонтов рышковской, кукуевской и стрелецкой палепочв. Минимальное значение отмечается для элювиального горизонта рышковской палеопочвы.

Работа выполнена при поддержке ГЗ, тема № 0148-2019-0006. Заключительная подготовка статьи выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05024 мк.

Литература

Вадюнина А.Ф., Бабанин В.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР // Почвоведение, 1972, № 10. С. 55–68.

Кочегура В.В. Применение палеомагнитных методов при геологической съёмке шельфа. СПб, ВСЕГЕИ, 1992. 145 с.

Мёрнер Н.-А., Петрова Г.Н., Пилипенко О.В., Распопов О.М., Трубихин В.М. Появление экскурсов на фоне изменения магнитного момента Земли // Физика Земли, №10, 2001. С. 24–32.

Петрова Г.Н., Нечаева Т.Б., Поспелова Г.А. Характерные изменения геомагнитного поля в прошлом. М., Наука, 1992. 172 с.

Поспелова Г.А. Геомагнитные экскурсы // Краткая история и современное состояние геомагнитных исследований в Институте Физики Земли РАН. М.: ИФЗ РАН 2004. С.44–55.

Поспелова Г.А. О геомагнитных экскурсах // Физика Земли, 2002, №5. С. 30–41.

Поспелова Г.А., Гнибиденко З.Н. Палеомагнитные исследования плиоцен-четвертичных террасовых отложений Южного Приднестровья. Геофизический сборник. Вып. 47, 1972. С. 56–65.

Поспелова Г.А., Голованова Л.В., Шаронова З.В., Семенов В.В. Палеомагнитные исследования отложений палеолитической стоянки в пещере Матузка (Северный Кавказ) // Физика Земли, 2006, № 7. С. 52–65.

Сычева С.А. Палеомерзлотные события в перигляциальной области Русской равнины в конце среднего и в позднем плейстоцене // Криосфера Земли, 2012, т.16, № 4. С. 45–56.

Сычева С.А. Погребенный микулинско-валдайский рельеф и развитие междуречий Среднерусской возвышенности в позднем неоплейстоцене // Геоморфология, 2007, №1. С. 88–105.

Сычева С.А. Эволюция московско-валдайских палеовр езов междуречий Среднерусской возвышенности // Геоморфология, №3, 2003. С. 72–91.

Сычева С.А., Григорьева Т.Г., Пушкина П.Р. Стратиграфия ранневалдайского интервала внеледниковой области русской равнины (МИС 5d-4) // Бюллетень комиссия по изучению четвертичного периода. Москва: ГЕОС, 2017 а, №75. С. 60–80.

Сычева С.А., Гунова В.С. Результаты изучения позднеплейстоценового лессово-почвенного комплекса в погребенной балочной системе Среднерусской возвышенности // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода, № 65. М.: ГЕОС, 2004. С. 86–101.

Сычева С.А., Седов С.Н., Бронникова М.А., Таргульян В.О., Соллейро-Реболледо Э. Генезис, эволюция и катастрофическое захоронение рышковской палеопочвы микулинского межледниковья (МИС 5е) // Почвоведение, № 9, 2017 б. С. 1027–1046.

Сычева С.А., Седов С.Н., Фрехен М., Терхорст Б. Стратиграфия и хронология позднеплейстоценовой почвенно-седиментационной серии перигляциальной области Русской равнины (по результатам изучения палеодепрессий, склонов и террас) // Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Материалы Всероссийской научной конференции «Марковские чтения 2015». М.: МГУ, 2015. С. 197–199.

Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. и др. Палеомагнитология. Л.: Недра, 1982. 112 с.

Шкатова В.К. Каспийский регион – опорный стратиграфический разрез «квартера России» // Материалы VIII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований». Ростов н /Д: ЮНЦ РАН, 2013 С. 702–704.

Шкатова В.К. Обновленная Общая магнитостратиграфическая шкала полярности квартера. Внесение изменений в Общую стратиграфическую шкалу квартера в связи с понижением ее нижней границы» // Региональная геология и металлогения. 2012. №49. С. 23–25.

Rivas J., Ortega B., Sedov S., Solleiro E., Sycheva S. Rock magnetism and pedogenetic processes in Luvisol profiles: Examples from Central Russia and Central Mexico // Quaternary International 156–157 (2006) 212–223.

Sycheva S., Frechen M., Terhorst B., Sedov S., Khokhlova O. Pedostratigraphy and chronology of the Late Pleistocene for the extra glacial area in the Central Russian Upland (reference section Aleksandrov quarry) // Catena, 194 (2020).

Tauxe L. and Shackleton N.J. Relative paleointensity records from the Ontong-Java Plateau, Geophys. J. Int. 117, 1994. 769–782.

LITERATURE

Vadyunina A.F., Babanin V.F. Magnetic susceptibility of some soils of the USSR // Pochvovedenie, 1972, No. 10. pp. 55–68.

Khramov A.N., Goncharov G.I., Komissarova R.A., etc. Paleomagnitologiya. L.: Nedra, 1982. 112 p.

Kochegura V.V. Application of paleomagnetic methods in geological survey of the shelf. St. Petersburg, VSEGEI, 1992. 145 p.

Merner N.-A., Petrova G.N., Pilipenko O.V., Raspopov O.M., Trubikhin V.M. The appearance of excursions against the background of changes in the Earth's magnetic moment.

Petrova G.N., Nechaeva T.B., Pospelova G.A. Characteristic changes of the geomagnetic field in the past. M., Nauka, 1992. 172 p.

Pospelova G.A. Geomagnetic excursions // Brief history and current state of geomagnetic research at the Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences.

Pospelova G.A. On geomagnetic excursions // Physics of the Earth, 2002, No. 5. pp. 30–41.

Pospelova G.A., Gnibidenko Z.N. Paleomagnetic studies of Pliocene-Quaternary terrace deposits of Southern Pridnestrovie. Geofizicheskiy sbornik. Issue 47, 1972. pp. 56–65.

Pospelova G.A., Golovanova L.V., Sharonova Z.V., Semenov V.V. Paleomagnetic studies of Paleolithic site deposits in the Matuzka cave (North Caucasus) // Physics of the Earth, 2006, No. 7. pp. 52–65.

Rivas J., Ortega B., Sedov S., Solleiro E., Sycheva S. Rock magnetism and pedogenetic processes in Luvisol profiles: Examples from Central Russia and Central Mexico // Quaternary International 156–157 (2006) 212–223.

Shkatova V.K. The Caspian region-a reference stratigraphic section of the "Russian Quarter" / / Materials of the VIII All-Russian Conference on the study of the Quaternary period: "Fundamental problems of the quarter, the results of the study and the main directions of further research". Rostov n /A: YUNTS RAS, 2013, pp. 702–704.

Shkatova V.K. Updated General magnetostratigraphic scale of the quarter polarity. Introduction of changes in the General stratigraphic scale of the quarter in connection with the lowering of its lower boundary" / / Regional geology and metallogeny. 2012. No. 49. pp. 23–25.

Sycheva S.A. Paleofrost events in the periglacial region of the Russian plain in the late Middle and Late Pleistocene / / Cryosphere of the Earth, 2012, vol. 16, no. 4. pp. 45–56.

Sycheva S.A. Buried Mikulinsky-Valdai relief and the development of the mesopotamia of the Central Russian upland in the Late Neo-Pleistocene // Geomorphology, 2007, no. 1. pp. 88–105.

Sycheva S.A. Evolution of the Moscow-Valdai paleovreezes between the rivers of the Central Russian upland // Geomorphology, No. 3, 2003. pp. 72–91.

Sycheva S., Frechen M., Terhorst B., Sedov S., Khokhlova O. Pedostratigraphy and chronology of the Late Pleistocene for the extra glacial area in the Central Russian Upland (reference section Aleksandrov quarry) // Catena, 194 (2020).

Sycheva S.A., Grigorieva T.G., Pushkina P.R. Stratigraphy of the Early Valdai interval of the extraglacial region of the Russian plain (MIS 5d-4) / / Bulletin of the

Commission for the Study of the Quaternary period. Moscow: GEOS, 2017 a, no. 75. pp. 60–80.
Sycheva S.A., Gunova V.S. Results of the study of the Late Pleistocene loess-soil complex in the buried beam system of the Central Russian upland / / Bulletin of the Commission for the Study of the Quaternary period, No. 65. Moscow: GEOS, 2004. pp. 86–101.
Sycheva S.A., Sedov S.N., Bronnikova M.A., Targulyan V.O., Solleiro-Rebolledo E. Genesis, evolution and catastrophic burial of the Ryshkov paleosoil of the Mikulinsky interglacial (MIS 5e) / / Pochvovedenie, No. 9, 2017 b. p.1027–1046.
Sycheva S.A., Sedov S.N., Frechen M., Terhorst B. Stratigraphy and chronology of the Late Pleistocene soil-sedimentation series of the periglacial region of the Russian Plain (based on the results of the study of paleodepressions, slopes and terraces). Materials of the All-Russian scientific conference «Markov Readings 2015». Moscow: MSU, 2015. pp. 197–199.
Tauxe L. and Shackleton N.J. Relative paleointensity records from the Ontong-Java Plateau, Geophys. J. Int. 117, 1994. 769–782.

S.A. Sycheva, E.G. Guskova, A.G. Iosifidi, O.M. Raspopov, S.N. Timireva

RESULTS OF PALEOMAGNETIC STUDIES OF PALEOSOLS AND SEDIMENTS OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND IN THE FIRST HALF OF THE LATE PLEISTOCENE (MIS 5)

Paleomagnetic studies of the Mikulino-Early Valdai (MIS 5) soils and sediments of the Central Russian upland were carried out. Sampling for measuring the magnetic susceptibility to and determining the natural residual magnetization of Jn was performed in a continuous column of paleosols and loess with a thickness of 4.5 m, formed in the first half of the Late Pleistocene (128–65 thousand years ago). In the upper part of the Early Valdai sediments with an age of OSL – 115±7 ka BP (MIS 5d), an episode of reverse magnetization was established, probably associated with the end of the Blake excursion. The end of the Blake excursion coincided with a cold snap that occurred after the end of the Mikulino interglacial. The magnitude of the magnetic susceptibility to is maximal for the humus horizon of the interglacial Ryshkovo paleosol (MIS 5e) and its pedosediment, which has traces of a strong fire. The distribution of K in the paleosol profile is similar to the distribution for modern soils with similar genesis.

Keywords: Blake excursion, Early Valdai pedosediments, magnetic susceptibility, OSL-dates, Alexander quarry, loess-soil stratigraphy.

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА
№ 78, 2020 г.

ЭТАПЫ ЗАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНОГО БЕРЕГА ОЗЕРА ВОЛГО В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ

Г.В. Синицына[1] Е.А. Спиридонова[2]

[1]Институт истории материальной культуры РАН; Санкт-Петербург gv-sinitsyna@yandex.ru
[2]Институт археологии РАН, Москва

В археологических раскопах стоянок Баранова гора, Подол III/1, Подол III/2 близ современной деревни Ланино в Тверской области на северном берегу озера Волго сохранились фрагменты культурных слоев финального палеолита в стратиграфических условиях от последних стадий бёллинга до пребореала.

Комплексное исследование позволило реконструировать природную обстановку, установить уровень озера Волго (205 м БС) в соменский межстадиал, выявить сход селя, потоком которого была уничтожена древняя стоянка. По археологическому материалу, установить ряд хронологически и типологически различных типов индустрий, отражающих этапы заселения данного региона.

В позднеледниковье на территории Валдайского Приозерья первыми поселенцами были носители эпиграветтских традиций распространенных с юго-востока: в дриасе II распространение получила акуловская индустрия, возможно, отражающая миграцию населения с северо-востока; в аллерёде и дриасе III выявлено развитие подольской культуры технокомплекса бромме, связанной с миграционными процессами с запада в пределах перигляциальной зоны.

Ключевые слова: Позднеледниковье, палеоландшафты, Валдайская возвышенность, экстремальные природные события, палинология, сравнительно-типологический анализ инвентаря.

DOI 10.34756/GEOS.2021.16.37850

Введение

Известно, что интервал времени освобождения обширных пространств Северной Европы от ледникового покрова и становление голоцена по данным всех естественнонаучных дисциплин характеризуется резким изменением природных условий. Некоторые исследователи данный интервал перехода от неоплейстоцена к голоцену считают возможным рассматривать в качестве экстремального палеоклиматического события, следствием которого явилась глобальная палеоландшафтная перестройка природной среды, особенно проявившаяся в бореальных широтах. В качестве причин возникновения подобной перестройки природной среды обычно называются самые разнообразные факторы, среди которых нередко называются астрономические (от изменения солнечной активности, до падения крупных астероидов и т.д., Нередко значительная роль в изменении климата отводится палеоокеанологическим процессам, оказывавшим влияние на природную среду суши, взаимодействию континентальных и океанских воздушных масс и их геологической истории [Зубаков, 1986. С. 264–265], взаимодействие Земля–Космос [Хаин, 1994, С. 90; Добрецов, Коваленко, 1995. С. 24]. Естественно с палеоклиматическими событиями были связаны седиментационные процессы, часть из которых сопровождалась проявлениями лавинного типа осадконакоплениия, специфическим типом потоковых образований, как водного, так и грунтового типов, резкой активизацией склоновых процессов, в ходе которого происходило перекрытие склоновыми отложениями небольших речных долин. Прослеживается связь резких изменений природной среды с соответствующими изменениями в континентальной фауне [Лаврушин и др., 2002, с. 145]. Этот период сопровождался значительным, но кратковременным изменением магнитного поля Земли – экскурсом гётенбург в интервале 13–11 тыс. лет назад [Гуськова и др., 2006, 44–54; Синицына и др., 2009], выявление которого в отложениях много-

слойных стоянок является важным хронологическим маркером.

Изменение окружающей среды затронуло огромные пространства и послужило причиной многих миграций многочисленных популяций. В археологии временной отрезок (беллинг–молодой дриас) получил название финального палеолита, выделенного в отдельную стадию периодизации каменного века Европы. В Северной Европе, с этим периодом связано распространение культур с черешковыми наконечниками стрел, появление охотников на северного оленя, ведущих подвижный образ жизни.

Материалы

Стоянки Баранова гора, Подол III/1, Подол III/2 расположены между границами отступания ледника – едровской и вепсовской стадий [Чеботарева и др., 1965]. Стоянки расположены на территории, которая 16 тыс. л.н. в период соменского межстадиала была освобождена от ледникового щита [Щербакова, 1968].

О находках костей мамонта писал А.А. Спицын еще в 20-е годы прошлого века, когда рассматривал проблему заселения Тверского края в постгляциальный период. Им было высказано предположение, что многие каменные орудия могут быть датированы палеолитом. Основанием для такого предположения послужили найденные близ г. Кимры бивни мамонта со следами насечек. [Спицын, 1921, с. 2]. Следы обитания человека на Тверской земле в период плейстоцена единичны. По мнению Ю.А. Лаврушина, на территории Тверского края не может быть стоянок верхнепалеолитического возраста: «.. даже если в периоды межледниковий она могла быть освоена человеком, то последующие движения ледникового щита разрушили бы следы древних стоянок» (из выступления Ю.А. Лаврушина на конференции памяти А.А. Величко в 2016 году в Москве, ИГАН РАН). Эту точку зрения разделял Л.В. Кольцов – ведущий специалист в области изучения культур финального палеолита северо-запада Русской равнины [Кольцов,1994, с. 7]. Ее фактическим обоснованием явилось открытие Тверского верхнепалеолитического местонахождения, представленного в переотложенном состоянии. Е.В. Кобызевой при выполнении охранных раскопок в городе Твери, в 1 км от слияния рек Тверцы и Волги был найден комплекс кремневого инвентаря и орудие из бивня мамонта. Его палеолитический возраст, кроме сравнительно-типологического анализа кремневого инвентаря, был определен радиоуглеродной датой 16 500 ± 975 (calBC: 17 983 ± 1113) полученной по фрагменту бивня мамонта [Кобызева и др., 2006]. Необходимо отметить, что все находки, предварительно отнесенные к верхнепалеолитическому возрасту находятся южнее краевой зоны последнего ледникового покрова.

Раскопками стоянок Баранова гора, Подол III/1, Подол III/2 на северном берегу озера Волго было установлено несколько этапов заселения территории севернее одной из нескольких стадий отступания ледника, в период соменского межстадиала. Стоянки расположены на узкой наклонной площадке между озером Волго и прилегающим коренным склоном, сложенным известняками карбонового возраста. Геоморфология и стратиграфия памятников описаны Ю.А. Лаврушиным, был установлен уровень озера Волго (205 БС) по разрезу стоянки Подол III/1, а на основании данных спорово-пыльцевого анализа Е.А. Спиридонова реконструировала палеоландшафтные обстановки и провела, что особенно важно, их корреляцию с подразделениями шкалы шкале Блитта-Сернандера [Спиридонова, Алешинская, 1999]. Применение палеомагнитного метода позволило подтвердить возраст вмещающих отложений, к которым приурочены находки, что позволило рассматривать проблемы заселения северо-запада Валдайской возвышенности на основании достоверных аналитических данных, сопоставимых с результатами сравнительно-типологического анализа материальной культуры [Синицына и др., 1997; Синицына и др., 2009; Синицына и др., 2013].

Стоянка Баранова гора находится на высоте 206–207м (БС) (рис. 1А–1, 1Б) По разрезу стоянки Баранова гора зафиксировано наличие фациально разнородных озерных и пролювиальных отложений, включающих культурные остатки, связанные с жизнедеятельностью древнего человека. Наиболее древние из них, связанные с периодом бёллинга и среднего дриаса, зафиксированы только в разрезе ст. Баранова гора (табл.1). Участки с археологическими находками в отложениях аллерёда, дриаса III наиболее полно представлены в материалах стоянок Подол III/1 и Подол III/2.

Е.А. Спиридоновой были получены палинологические данные из нижней части разреза, где по геологическому описанию, не было зафиксировано делювиального процесса. По палинологическим данным в нижней части разреза, залегающей на глубине 0.46–1.5 м, снизу вверх четко прослеживаются три палинологических зоны(рис. 2Б), которые образовывались с перерывами по времени [Синицына и др., 2009].

I спорово-пыльцевая зона прослеживается по образцам из рыжевато-серых песков (слой 1), начиная с глубины 1.4 м. В общем составе преобладает пыльца травянистых растений, хотя пыльца древесных пород составляет довольно значитель-

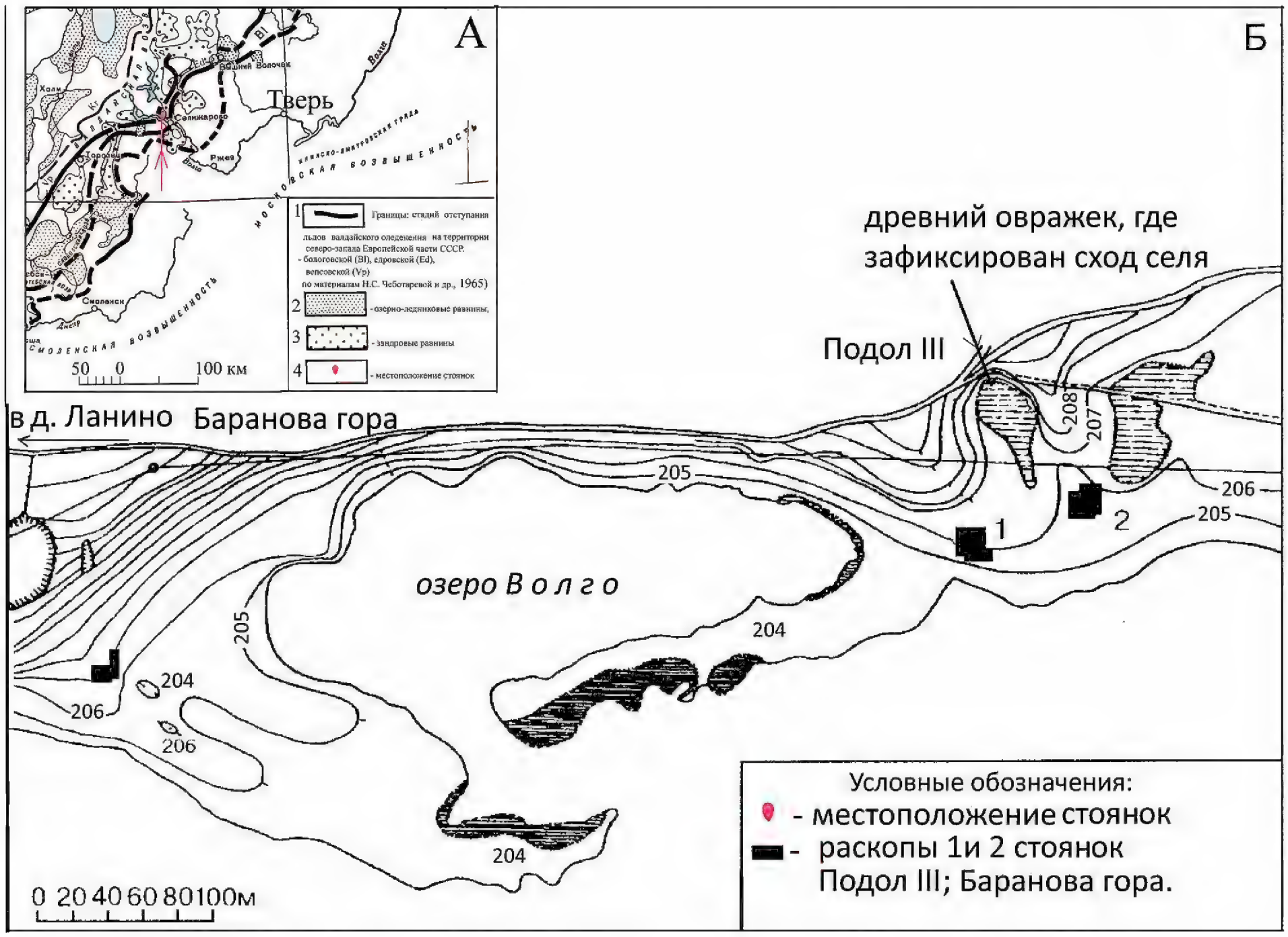


Рис. 1. Топографический план стоянок финального палеолита: Баранова гора; Подол III (раскоп 1 – Подол III/1 и раскоп 2 – Подол III/2)

А – Фрагмент карты стадий отступания льдов валдайского оледенения на территории северо-запада Европейской части СССР (по [Чеботарева и др., 1965]), положение стоянок между стадиями отступания ледника – едровской и вепсовской; Б – местоположение стоянок на северном берегу озера Волго.

Fig. 1. Topographic plan of the of the Final Paleolithic sites: Baranova gora; Podol III (excavation area 1 – Podol III/1; excavation area 2 – Podol III/2)

A – Valdai glaciation retreat stages at the north-west of the Russian plain (according to [Chebotareva et al., 1965]), position of sites between the Edrovo and Vepsy glacial retreat stages; B – location of sites at the northern shore of the lake Volgo.

ный процент 33.0. На долю спор приходится всего 21.1%. Среди древесных пород заметно участие сосны и ели, значительно меньше березы, ольхи и единично липы. Состав пыльцы травянистых и кустарниковых растений в видовом отношении довольно однороден, много полыни и маревых, меньше разнотравья, злаков и осок. Среди споровых растений велико участие зеленых мхов.

Спорово-пыльцевые спектры этого комплекса отражают завершающую перигляциальную фазу развития растительности с участием сосны и ели, скорее всего, отвечающую заключительным фазам развития валдайского оледенения и характеризующую конечный этап межстадиала бёллинг.

Коллекция, которую можно отнести к отложениям беллинга, к сожалению, малочисленна, поскольку нижние слои вскрыты на незначительной площади [Синицына, 2019]. Фаунистические остатки состоят из мелких кальцинированных фрагментов. Древнее население этого периода использовало разнообразное местное сырье. Кремневый инвентарь представляет собой небольшую, но довольно выразительную коллекцию. Первичная технология расщепления была направлена на производство широких пластин (2.5 см; толщиной около 1 см, длинной более 7см.). Единичные, остаточные формы призматических нуклеусов, одно и двуплощадочных представлены в коллекции (рис. 3: 10). В отложениях бёллинга были найдены четыре фрагмента микропластинок изготовленные из одного вида сырья, имеют стандартные размеры: 2.2 см в длину и 0.5–0.7 см в ширину (рис. 3: 1–4), что позволяет

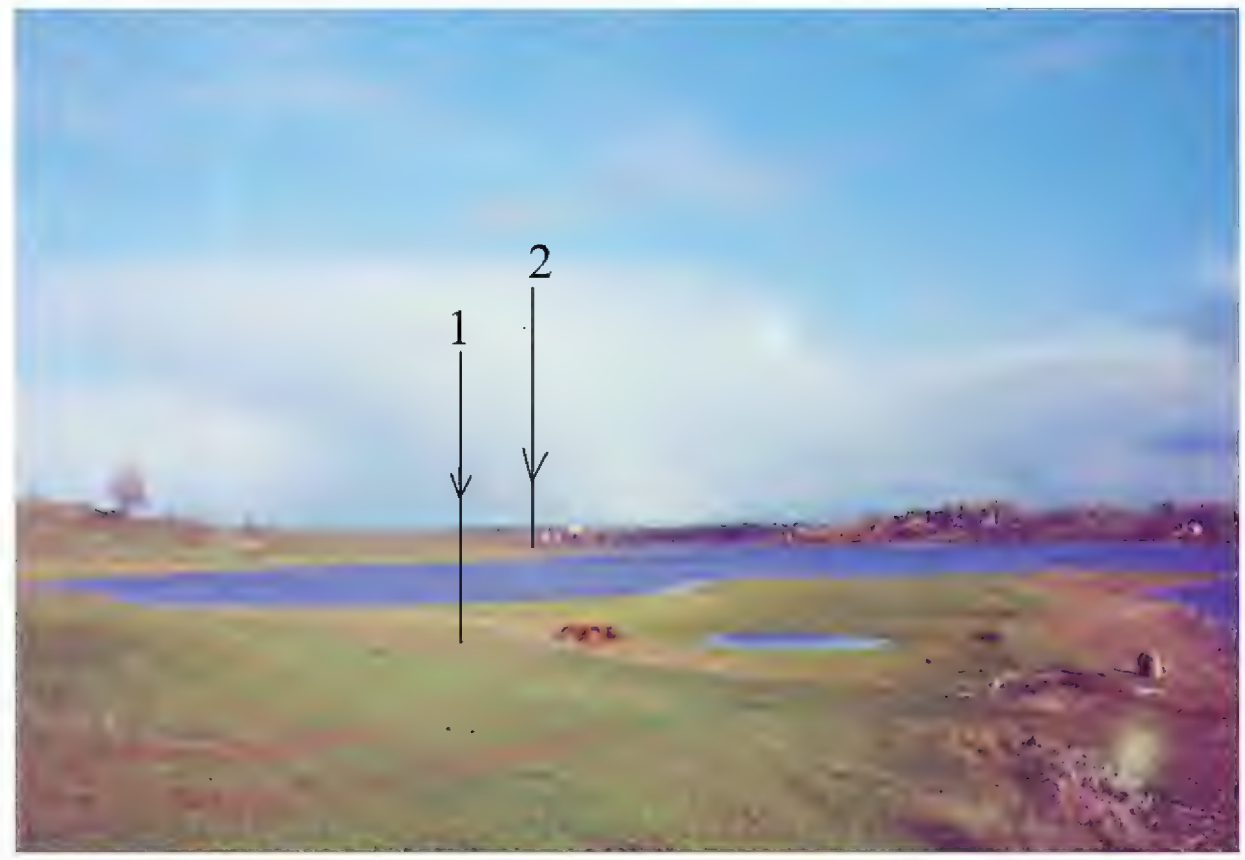
Таблица 1. Стратиграфия северной стенки стоянки Баранова гора. 1996,. кв. А-Х.

глубина	№№ слоев	№№ образцов на спорово-пыльцевой анализ	Периоды Блитта-Сернандера по Е.А. Спири-доновой	Отложения
	12			Современная почва.
	11			Светло-серый разнозернистый песок – уровень высокого кратковременного стояния озера .
	10			тот же материал, но более рыхлый; песок разнозернистый окрашен гумусом
	9			слабо гумусированный песок делювиальный смыв почвы
	8			разнозернистый гумусированный песок – погребенная почва
	7			Желтовато-серый мелкозернистый с подтеками гумуса – частично переработан нижней частью почвы. Вышележащий слой проникает в него короткими язычками, сосочками.
	6			песок желтовато темно-серый, полосчато гумусированный – оживление делювиаьного смыва почвы на склоне
0.40	5	10	B	тот же песок темно-серый, окрашен гумусом – делювий
0.45 0.52	4	9 8	PB (?)	песок тот же, рыжевато-бурый мелкозернистый, окрашенный местами гумусом в серый цвет – обезглавленная погребенная почва финального палеолита. Верхний контакт резкий
    0.80см	3	 7 6 5	AL	песок аналогичный слою 1
    100см	2	 4	DR-II	тот же песок со слабовыраженными подтёками органического вещества и едва заметными белесыми пятнами. Возможно, горизонт отражает следы слабого гидроморфологического почвообразования, облесение залива
    150см	1	3 2 1	BL	песок рыжевато-бурый, мелко-зернистый, гомогенный (видимая мощность 0.5 м)

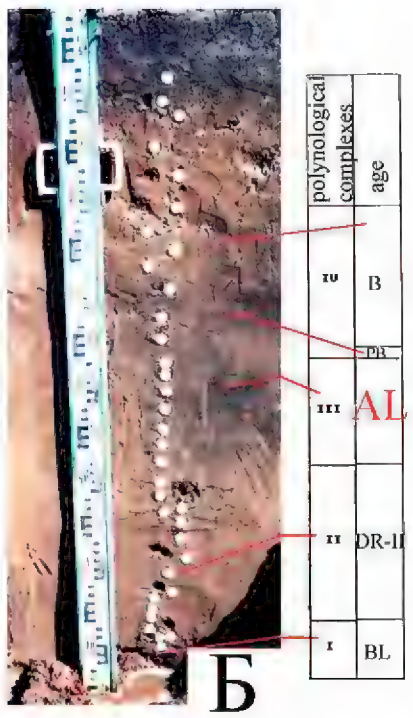
предполагать их использование в качестве вкладышей. Особый интерес в качестве хронологических маркеров представляют комбинированное орудие – концевого скребка на пластине с двумя угловыми резцами (рис. 3: 5) и двойная проколка, выполненная на массивной заготовке (рис. 3: 6), жальца которой расположены по диагонали друг против друга. Здесь представлены долотовидное орудие на широкой пластине (рис. 3: 7), концевые скребки (рис. 3: 8, 9), специфические формы скребка и скребла, с приостренным двусторонней ретушью рабочим краем (рис. 3: 11, 12). Спецификой в инвентаре стоянки является сочетание широких пластин с микропластинками и орнаментированным песчаниковым отбойником [Синицына, 2019]. В целом кремневый инвентарь из отложений бёллинга на Барановой горе свидетельствует о сохранении эпиграветтских традиций позднего палеолита Русской равнины. Юго-восточное направление, откуда шло заселение Валдайского Приозерья можно считать наиболее убедительным, поскольку стоянки с эпиграветтской традицией (Тверское верхнепалеолитическое местонахождение [Кобозева и др., 2006], Заозерье 1 [Фролов, 1987; Жилин, 2004]) расположены в пределах 150–300 километров.

Второй этап заселения Валдайского Приозерья представлен материалами акуловской индустрии из отложений дриаса II. В настоящее время к этому типу относятся только два памятника: материалы из отложений дриаса II на стоянке Баранова гора и собственно стоянка Акулово, расположенная в Удомельском районе Тверской области.

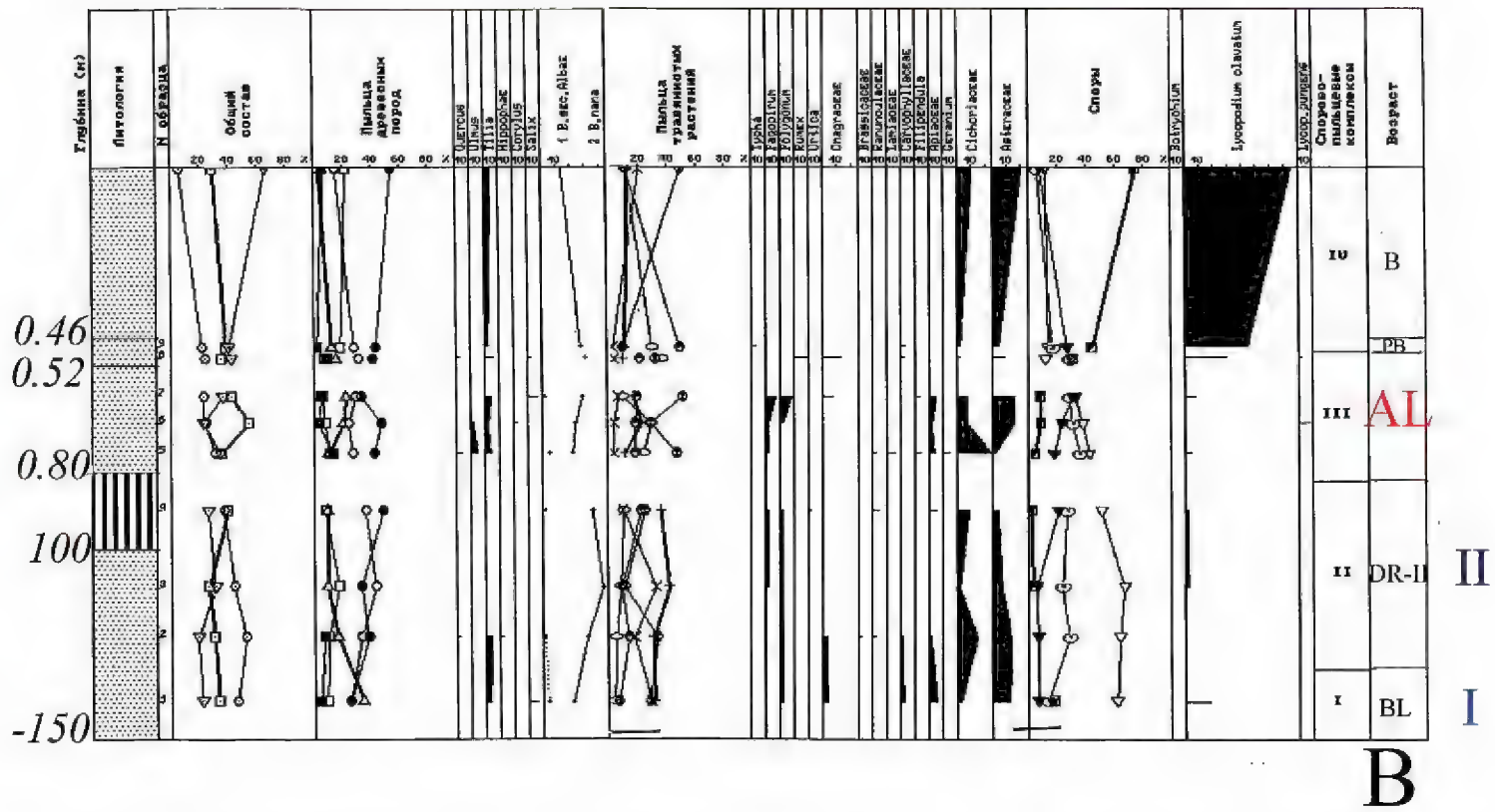
Данные II спорово-пыльцевой зоны стоянки Баранова гора из отложений песков слоя 1 и слоя 2, где слабо выраженные следы гидроморфного почвообразования обмелевшего залива озера. пока-



А



Б



В

Рис. 2. Вид с запада на стоянку Баранова гора (рис. А-1) и Подол III (рис. А-2). Б – вид на северную стенку раскопа стоянки Баранова гора. В – Спорово-пыльцевая диаграмма Е.А.Спиридоновой по образцам из северной стенки (по [Синицына и др., 2009], с.56).

Fig. 2. View from the west on the site Baranova gora (Fig.A-1) and Podol III (Fig. A-2). B –northern section. B – pollen diagram for the northern section (according to [Sinitsyna et al., 2009], p. 56).

зывают возрастание значения споровых, особенно в слое 2, тогда как среди древесных пород возрастает участие березы и сохраняется довольно высокая роль сосны (42–48%), но морфологически много более мелких форм иногда с недоразвитыми воздушными мешками. Это может указывать на неблагоприятные условия среды при пыльценостности сосны. В комплексе стало заметно меньше ели 8.8–8.3%. Единично отмечена Betula nana Z и Hippophae (облепиха), характерная для Северо–Запада Европейской России только для позднеледниковья. Состав пыльцы травянистых растений близок по составу предыдущемуспектру, хотя роль ксерофитных перигляциальных элементов флоры – в первую очередь Chenopodiaceae (маревых) и Artemisia (полыней) здесь заметно выше. Роль мезофильного разнотравья снизилась. Среди споровых растений по-прежнему доминируют зеленые мхи. Осадки, охарактеризованные этим комплексом, связаны с более суровыми климатическими условиями перигляциальной зоны конца Валдайского оледенения. В это время наряду с открытыми пространствами существовали небольшие перелески из березы и сосны.

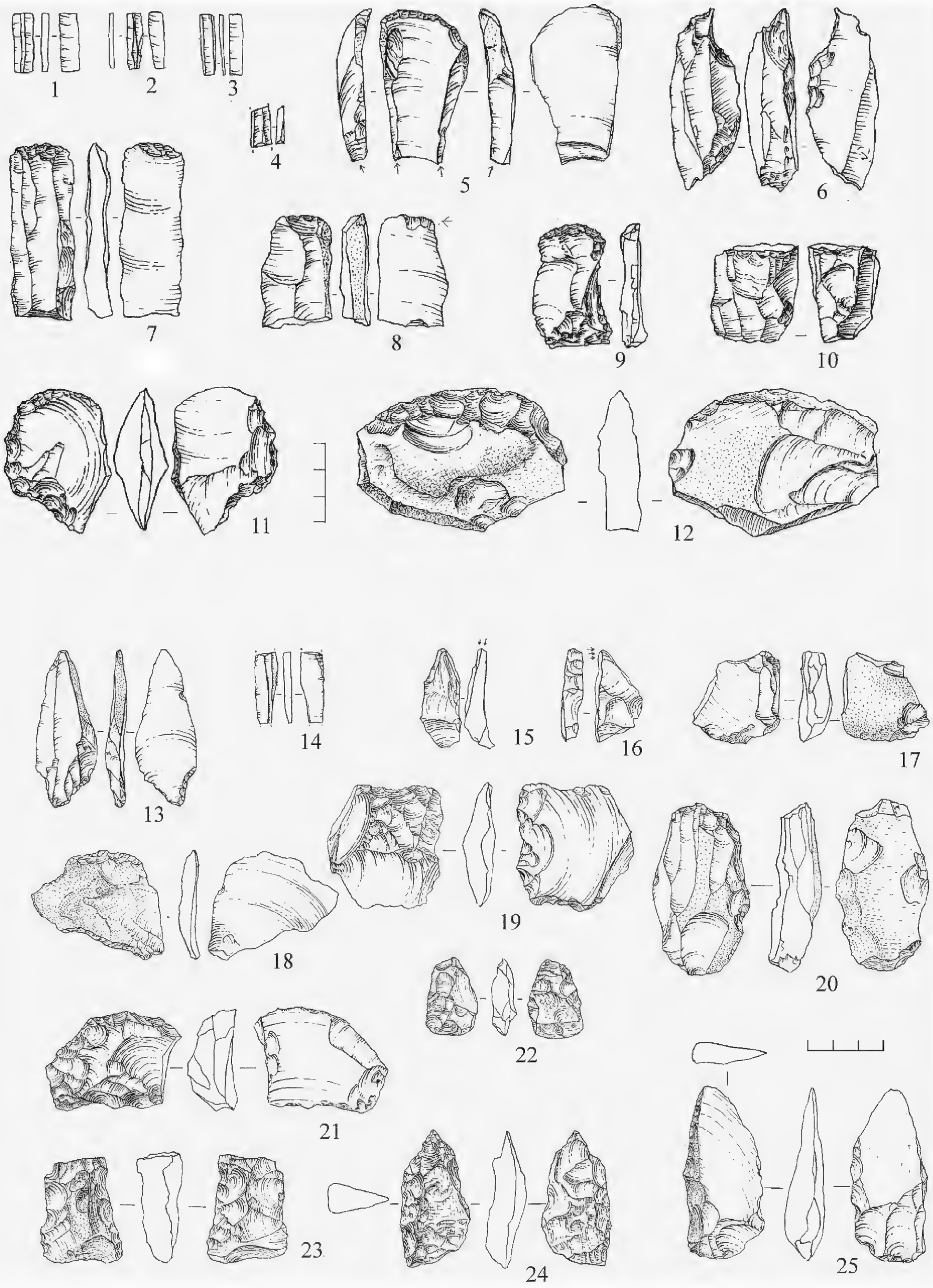


Рис. 3. Баранова гора

1–13 – археологический материал из культурного слоя в отложениях дриаса II; 14–25 – инвентарь из культурного слоя в отложениях Бёллинга.

Fig. 3. Baranova Gora

1–13 – archaeological assemblage from the deposits of Dryas II; 14–25 – archaeological assemblage from the deposits of Belling.

С отложениями дриаса-2 коррелируется материальная культура, инвентарь которой четко отличается от материалов из нижележащих (бёллинг) и вышележащих (аллерёд) отложений. Отличия прослеживаются по типу используемого кремня, по размерам заготовки, а также по технике вторичной обработки и типологии орудий. В отличие от культуры предшествующего периода здесь использовался только один вид кремня светлого цвета с желтоватыми прожилками и желтым оттенком. Расщепление кремня проводилось на стоянке, о чем свидетельствуют состав коллекции: отбойники, ретушеры, первичные отщепы, чешуйки (97%). Техника расщепления характеризуется применением «мягкого» отбойника с торцовых и плосковыпуклых нуклеусов (рис. 3: 17, 20). Характерный тип заготовки – тонкая пластинка, шириной до 1 см, толщиной 1–2 мм, длиной: 3–6 см (рис. 3: 14). Отличительной чертой вторичной обработки является широкий охват ретушью и переоформление заготовки, присутствие бифасиальной ретуши, распространение обушковых форм орудий. Кроме единственного целого наконечника стрелы с асимметричным коротким приостренным черешком и дополнительной его подработкой плоской вентральной ретушью (рис. 3: 13) здесь найдены: резцы, скребки, скребла, долотовидное орудие (рис. 3: 19). Резцы (2 экз.) – двугранный (рис. 3: 15) и поперечнолезвийный (рис. 3: 16). Яркое своеобразие инвентарю придают формы скребел и микротесел. Скребла (14 экз.) имеют зубчатые лезвия, оформленные ступенчатой дорсальной ретушью с широким охватом заготовки (рис. 3: 18, 21). Тёсла (5экз.) представлены бифасиальными формами отличаются своими мелкими размерами (от 3 до 7 см) и характером вторичной обработки. Целые экземпляры изготовлены на отщепах, имеют заостренный черешок (рис. 3: 24), округлое и скошенное лезвия оформлены двусторонней многоступенчатой ретушью. Яркой их чертой является наличие обушка, на одной боковой стороне (рис. 3: 23, 25). Обушок оформлен крутой ретушью, в результате чего поперечное сечение орудия становится асимметричным (рис. 3: 23, 25).

Типологический анализ инвентаря из отложений дриаса II стоянки Баранова гора показывает его сходство с материалами стоянки Акулово 1, расположенной северо-восточнее на озере Удомля в Тверской области. По мнению Сидорова [Сидоров, 1996,с.76] озеро Удомля находится в пределах второго3 пояса конечных и боковых морен (по–видимому бологовской стадии). Точное определение близ какой границы отступания ледникового щита находится стоянка Акулово 1 остается открытым. В.В. Сидоров датирует стоянку Акулово 1 в пределах 15–13 тыс. л.н. по залеганию в отложениях верхней озерной террасы. Дату 9990 ± 70 л.н., полученную по углю из отложений этой террасы считается омоложенной [Сидоров, 1996, с. 76]. Сходство материальной культуры из отложений дриаса II и Акуловской стоянки усиливает моносырьевая база. Весь инвентарь стоянки Акулово 1 изготовлен из белого окремнелого известняка [Сидоров, 1996, с. 86]. Состав орудийного набора позволяет предполагать, хронологическую близость стоянок в период дриаса II (12.3–12.0 тыс. лет назад). Инвентарь из отложений дриаса II стоянки Баранова гора представляет собой новый тип материальной культуры в Тверском регионе, носители которой появились с с северо-востока. По датированным материалам стоянки Баранова гора единой линии развития культуры и индустрии не прослеживается. Материалы отражают эпизодическое посещение региона Валдайского Приозерья, богатого кремневым сырьем. Но начиная с периода аллерёда, здесь прослежено развитие подольской культуры технокомплекса бромме для раннего этапа которой, наиболее ярким показателем являются наконечники стрел типа бромме (рис. 5Б).

Третий этап заселения был наиболее полно исследован на участке в районе бывшей деревни Подол на северном берегу озера Волго. Поселение располагалось на узкой наклонной площадке между озером Волго и прилегающим коренным склоном, сложенным известняками карбонового возраста, на двух бортах древнего овражка (рис. 4А). Оно было исследовано двумя раскопами, расположенными на расстоянии 50 метров друг от друга (Подол III/1) (Подол III/2) (рис. 1Б). Третий этап заселения Валдайского Приозерья представлен материалами из отложений заключительной стадии аллерёда (по материалам стоянки Подол III/1 (рис. 1Б; 4А, 4Б, 4В).

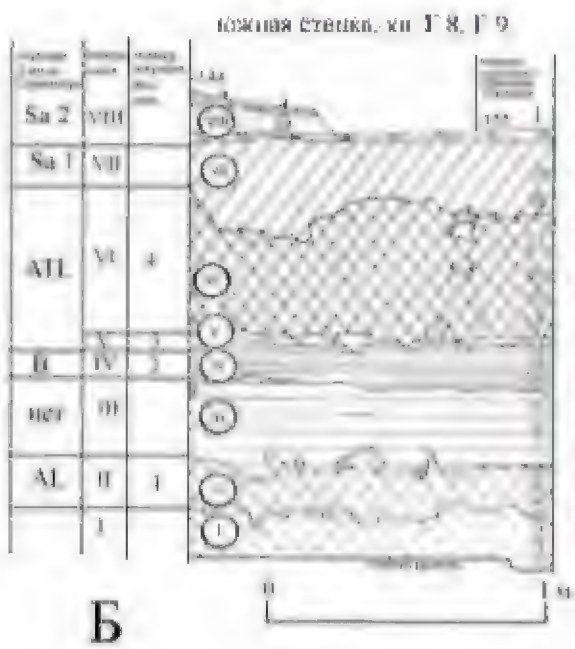
Рис. 4. Стояни Подол III/1 и Подол III/2

А – местоположение стоянок; Б – стратиграфия раскопа стоянки Подол III/1: положение образцов на палинологический анализ в разрезе южной стенки и их экстраполяция на фото разреза смежной западной стенки; В – диаграмма последовательности смены палинологических зон отложений стоянки Подол III/1, Подол III/2, Усть-Тудовка I (по [Спиридонова, Алешинская, 1999], с.133).

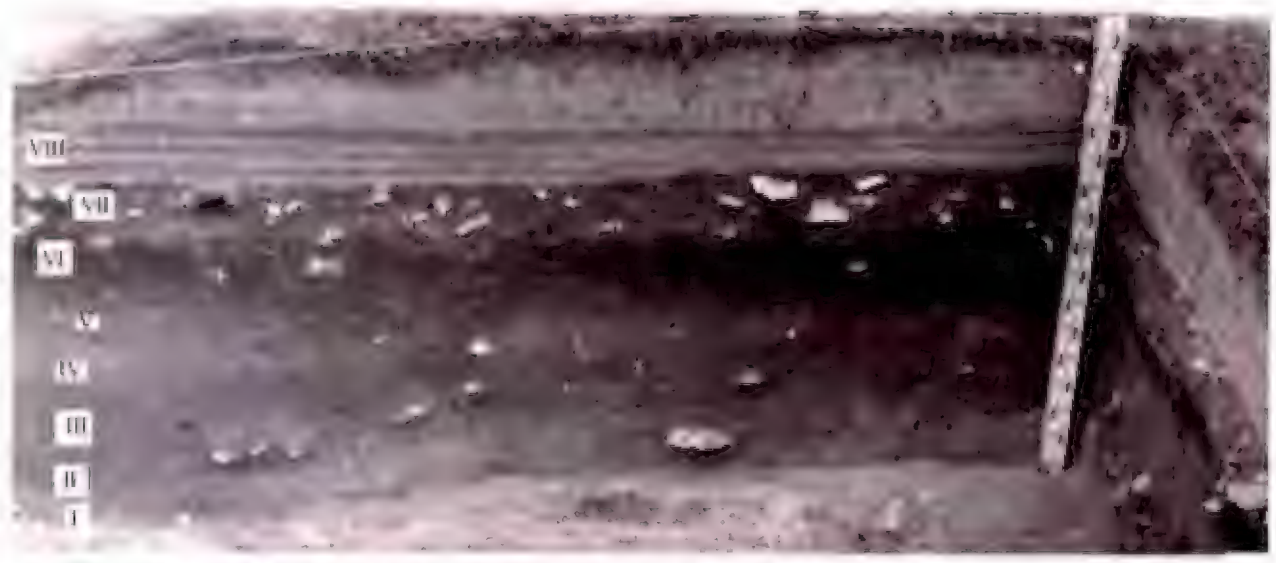
Fig. 4. Podol III/1 and Pdol III/2 sites

A – location of sites; Б – stratigraphy of the Podol III/1 site: position of samples for palynological analyses on the southern section, and its extrapolation on the photo of western adjacent section; B – diagram of palynological zones sequential changes for the sediments of sites Podol III/1, Podol III/2, Ust-Tudovka I sites (according to [Spiridonova, Aleshinskaya, 1999], p. 133).

А



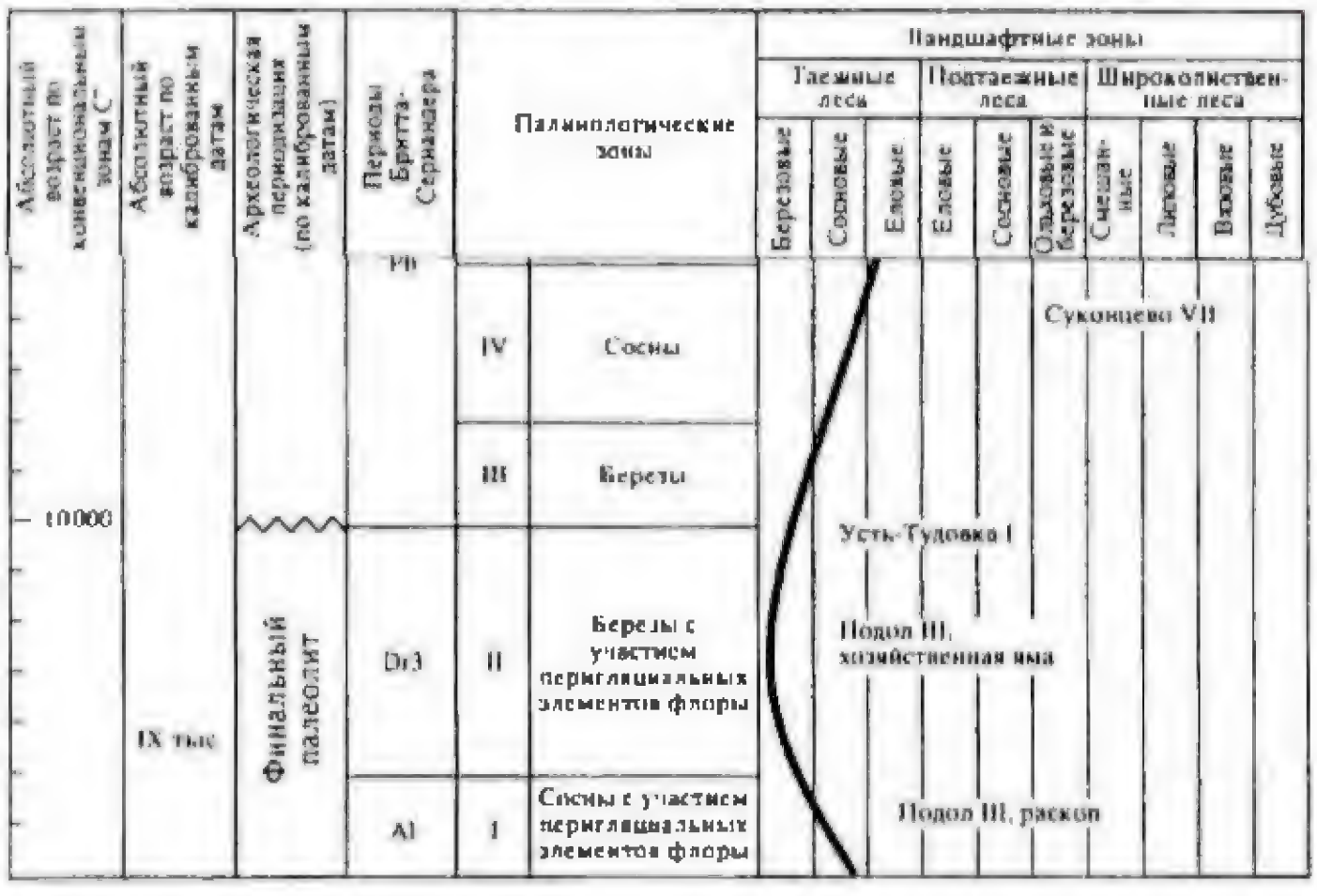
Б



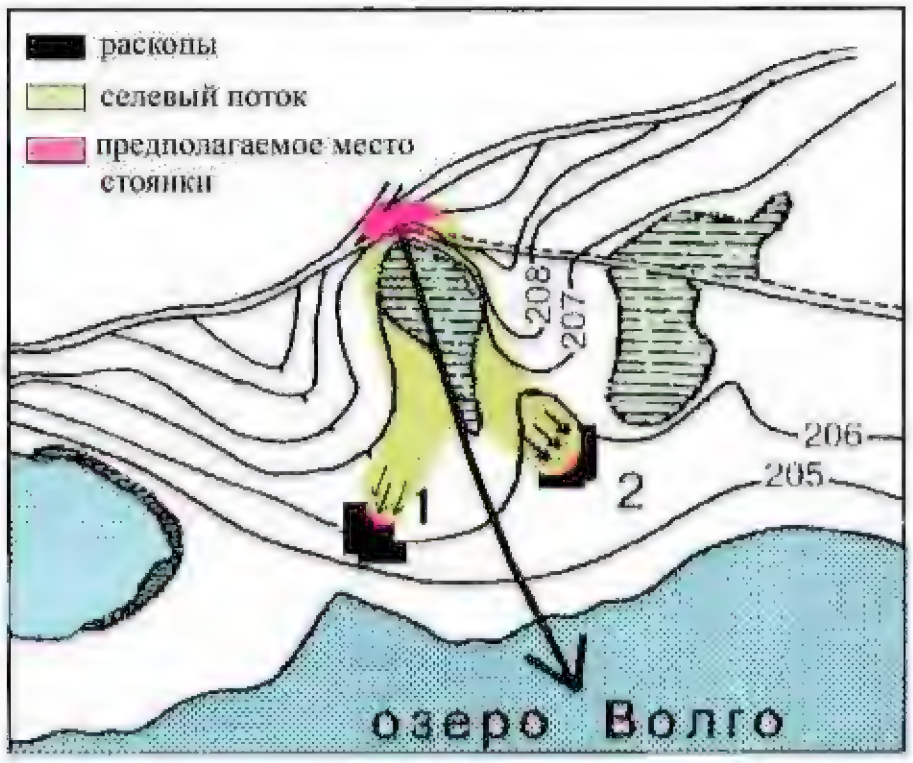
Условные обозначения: I-VIII - номера слоев.

В

Последовательность смен палинологических зон в мезолите и возраст культурных слоев основных памятников.

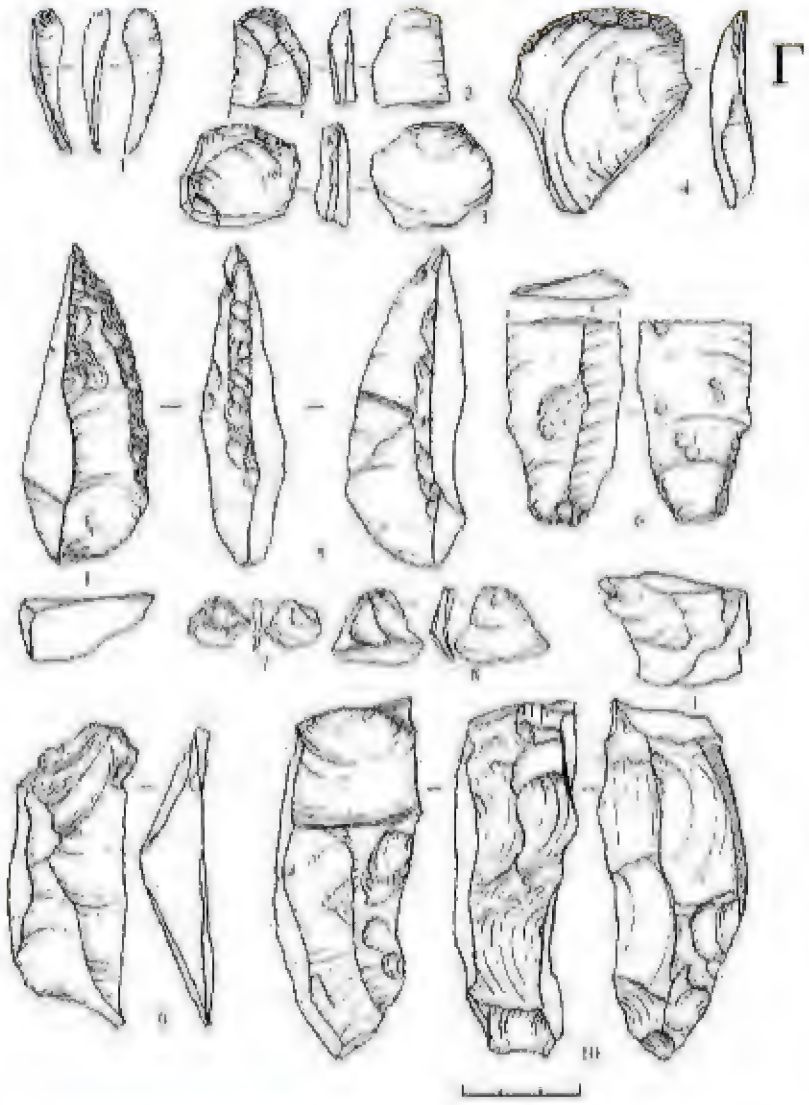


Г



А

1 - заполнение жилищной западины и ям, впущенных в косослоистые пески; 2 - заполнение ям в неолитическом слое; 3 - прокаленный песок оранжевого цвета; 4 - очаг в жилище; 5 - выходы коренных пород; 6 - территория распространения финальнопалеолитической стоянки.



Д

Е

почва с экскурсом гётенбур

косослоистые пески, уровень палеоозера Волго (-205 БС)

косослоистые пески, уровень палеоозера Волго (-205 БС)

По данным палинологического анализа [Спиридонова, Алешинская, 1999. С. 132]: «в погребенной почве, к которой приурочен культурный слой, почти в равном количестве присутствует пыльца древесных пород, трав и кустарников (палинологическая зона I). Среди древесных пород около 60% приходится на долю сосны, 20% составляют березы, среди которых, кроме Betula sec. Albae (древовидная форма) и Betula sec. Fruticosae (кустарниковая форма), постоянно (до 3%) присутствует карликовая береза (Betula nana). Среди травянистых и кустарничковых растений безраздельно господствует полынь. Вторым компонентом являются злаки, много разнообразного разнотравья. В составе споровых доминируют зеленые мхи. Подобные спектры по времени образования соответствуют *аллереда*. Судя по составу спектров, в это время на исследованной территории произрастали островные сосновые леса. Однако леса не являлись единственной экосистемой ландшафта. Необходимые условия создавались для развития перигляциальных группировок с полынями, маревыми и различными по составу лугами.

Иная природная среда восстанавливается по палинологическим спектрам, полученным по тому же памятнику, но из заполнения хозяйственной ямы (геоархеологического объекта – конуса выноса селевого потока). По всей толще отложений в общем составе спектров (палинологическая зона II) господствует пыльца трав и кустарничков. По сравнению с предыдущим разрезом здесь доминируют березы, причем роль кустарниковых и карликовых форм значительно выше. Второе место по преобладанию принадлежит сосне. Необходимо отметить постоянное присутствие во всех спектрах рецессивных форм, значение которых резко возрастает на границе ареала этой породы. Состав травянистых и кустарничковых растений, а также спор во многом повторяет предыдущий разрез. Эта палинологическая зона отвечает *позднему дриасу»*. В настоящее время исследованная динамика сукцессий растительного покрова Скандинавии и Северо-Запада России детально изучена по большому числу разрезов озерных и озерно-ледниковых отложений и поэтому данная датировка по палинологическим данным представляется достаточно надежной. Одновременно приведенные палинологические материалы раскрывают локальные черты растительного покрова суходолов, что существенно расширяет наши представления о растительных сообществах различных местообитаний» (рис. 4Г).

При изучении стратиграфии стоянки Подол III/1 Ю.А. Лаврушиным была установлена последовательность генетически разнородных отложений – озерных, пролювиальных, горизонтов почвообразования – и связанных с ними культурных слоев. В основании раскопа Подол III/1 вскрыта толща, мощностью до 0.3 м, отложений озерного прибрежного вала, представленная желто-серыми разнозернистыми песками с отчетливо выраженной косой слоистостью, имеющая падение 8–10° в сторону озерной впадины (слой I). Вскрытая толща песков имеет видимую мощность до 0.3 м. Эти отложения фиксируют высокий уровень озерного водоема (рис. 5: Д,Е). В разрезе северной стенки на небольшом участке кв. б–9 косослоистые пески перекрыты прерывистыми линзами культурного слоя (рис. 5Д–Е) с экскурсом гётенбург (Гуськова и др., 2006), что имеет важное значение для определения хронологии косослоистых песков, залегающих под почвой с экскурсом. Косослоистые пески перекрыты погребенной почвой (слой II), которая представлена бурым ожелезненным песком и представляет, по существу, горизонт вмывания (по данным палинологии эта почва периода аллерёда) нижний ее контакт – типично почвенный – с мелкими клиновидными структурами (рис. 4Б,В). В данной стратиграфической колонке важно отметить несколько моментов. Первый из них – наличие стратиграфического перерыва между отложениями прибрежного вала и данной почвой. Второй – связан с наличием щебенки известняка в погребенной почве. Выше отмечалось, что раскоп расположен на слабо наклонной поверхности. В генетическом плане эта поверхность представляет собой небольшой пролювиальный конус выноса из существовавшего ранее оврага, по которому периодически проходили селевые грязевые потоки (рис. 5А). Эти селевые выносы способствовали попаданию в почвенный горизонт мелкой известняковой щебенки. Подтверждением этому являются скопления глыб известняка на поверхности площадки, на участках, примыкающих непосредственно к археологическому раскопу со стороны коренного берега. В генетическом плане

Рис. 5. Подол III/1

А – схема схода селевого потока; Б – наконечники стрел первого этапа подольской культуры; В – план находок. Г – инвентарь из жилища; Д, Е – стратиграфическая позиция экскурса гётенбург в разрезе северной стенки раскопа.

Fig. 5. Podol III/1 site

А – scheme of the mudflow descent; Б – points of the Podol culture (first stage); В – plan of the cultural remains; Г – lithic assemblage from the dwelling feature; Д, Е – stratigraphic position of the Goetenburg excursion at the northern section.

эти скопления глыб также принадлежат к отложениям селевого потока, на месте его причленения к прибрежному валу. В виде гряд обломочного материала они зафиксированы на соседнем раскопе стоянки Подол III/2, где среди гряд обломочного материала находится инвентарь стоянки как подольской культуры, так и микропластинчатый инвентарь (рис. 6 А,Б,В,Г). Необходимо отметить еще ряд важных моментов: формирование почвы происходило при существенно более низком стоянии уровня воды в озерном водоеме; селевым потоком было уничтожено поселение первого этапа подольской культуры. Где именно изначально могла располагаться стоянка – не установлено, можно только предполагать местоположение стоянки, где проходил селевый поток, начиная с места его схода (рис. 5А).

Анализ каменного инвентаря финальнопалеолитических памятников из отложений аллереда и дриаса III многослойных стоянок Баранова Гора, Подол III/1 Подол III/2, а также стоянок Троицкое 3 [Ланцев, Мирецкий, 1996], Теплый ручей 2 [Мирецкий, 2007] на Верхней Волге, возраст которых определен только на основании сравнительно-типологического анализа инвентаря, позволил выделить своеобразную культуру – подольскую, в сложении которой прослеживаются традиции финальнопалеолитической культуры Северной Европы – бромме [Синицына, 1996, 2000, 2013; Синицына и др., 1997; 2009; 2012]. Инвентарь всех стоянок подольской культуры выполнен на местной сырьевой базе, что свидетельствует о высокой адаптивной способности этого населения. Инвентарь подольской культуры не являются прямым аналогом культуры бромме Дании. Существование подольской культуры может быть связано как с технологическими традициями пришлого населения, так и с представлениями об оптимальном наборе культурных компонентов, способствующих выживанию в периоды резких изменений климата. К заключительному этапу подольской культуры, отнесены материалы стоянки Усть-Тудовка I [Синицына, 2000], приуроченные к отложениям дриаса III.

Традиции подольской культуры прослеживаются в материалах иеневской культурной общности

В коллекциях финального палеолита есть единичные свидетельства о существовании вкладышевой техники в конце беллинга и техники отжима в дриасе III [Синицына, 2019], наличие артефактов позволяют предполагать присутствие населения рессетинской культуры, что может свидетельствовать еще об одном из этапов заселения данного региона.

Таким образом, в стратиграфическом плане, находки инвентаря финального палеолита оказываются приуроченными к основанию отложений второго прибрежного вала и, вероятнее всего, первоначально находились на поверхности отмеченной выше погребенной почвы (слой II). В целом стратиграфия на памятнике Подол III/1 представлена в табл. 2. (рис. 4Б, В).

На раскопе I (Подол III/1) финальнопалеолитические находки, кроме приуроченности к отложениям II и III слоев в разрезе, имели определенную планиграфическую структуру в виде ряда бытовых объектов: овальное в плане жилище с коридорообразным входом, вытянутое по линии СЗ–ЮВ (6 × 2.5 м) (рис. 5В). Жилище прорезало бурую ожелезненную почву (слой II) и было углублено в желтые нижележащие косослоистые пески. Коридорообразная часть жилища отличалась меньшей насыщенностью по цвету и меньшей углубленностью (до 15 см) в косослоистые пески образуя подобие ступеньки–входа в жилище, углубленного на 30–40 см. Заполнение было представлено более интенсивно гумусированной почвой темно–серого цвета. В центре жилища располагался очаг округлой формы (40 × 50 см) незначительной мощности (5–10 см). Кроме очага, в основании жилища, были найдены: многочисленные отщепы и чешуйки, фрагменты скребков, призматические нуклеусы, обломок наконечника стрелы, продольное остроконечное скребло с естественным обушком, изготовленное на массивном отщепе, со слабовыпуклым лезвием, выполненным крутой дорсальной ретушью (рис. 5Г). Из заполнения жилищной ямы были отобраны образцы на спорово–пыльцевой анализ. По данным Е.А. Спиридоновой пол жилища был покрыт хвоей сосны. Кроме жилища здесь зафиксировано наличие «рабочей площадки», скопления мелких кальцинированных костей, хозяйственных ям (рис. 5В).

На вскрытой раскопом II площади 187 кв. м, культурные остатки позднепалеолитического облика распределялись тремя скоплениями между грудами обломочного материала. Как и в раскопе I по обломочному материалу здесь четко прослеживается граница конуса выноса селевого потока (рис. 6А.). Раскопом II вскрыта округлая в плане (130 × 140 см, глубиной до 95 см) яма на кв. Г–7–8, культурные остатки из заполнения которой перекрыты остатками обломочного материала. Заполнение этой ямы сохранилось благодаря тому, что она была прислонена к валу выноса селевого потока (рис. 6Б, В, Г). Заполнение представляло собой темно-серый гумусированный песок чашевидной формы в разрезе. По заполнению из этой ямы были отобраны образцы на спорово-пыльцевой анализ. Отложения ямы определены Е.А. Спиридоновой (Спиридонова, Алешинская, 1999, с.133) как период дриаса III. Находки из

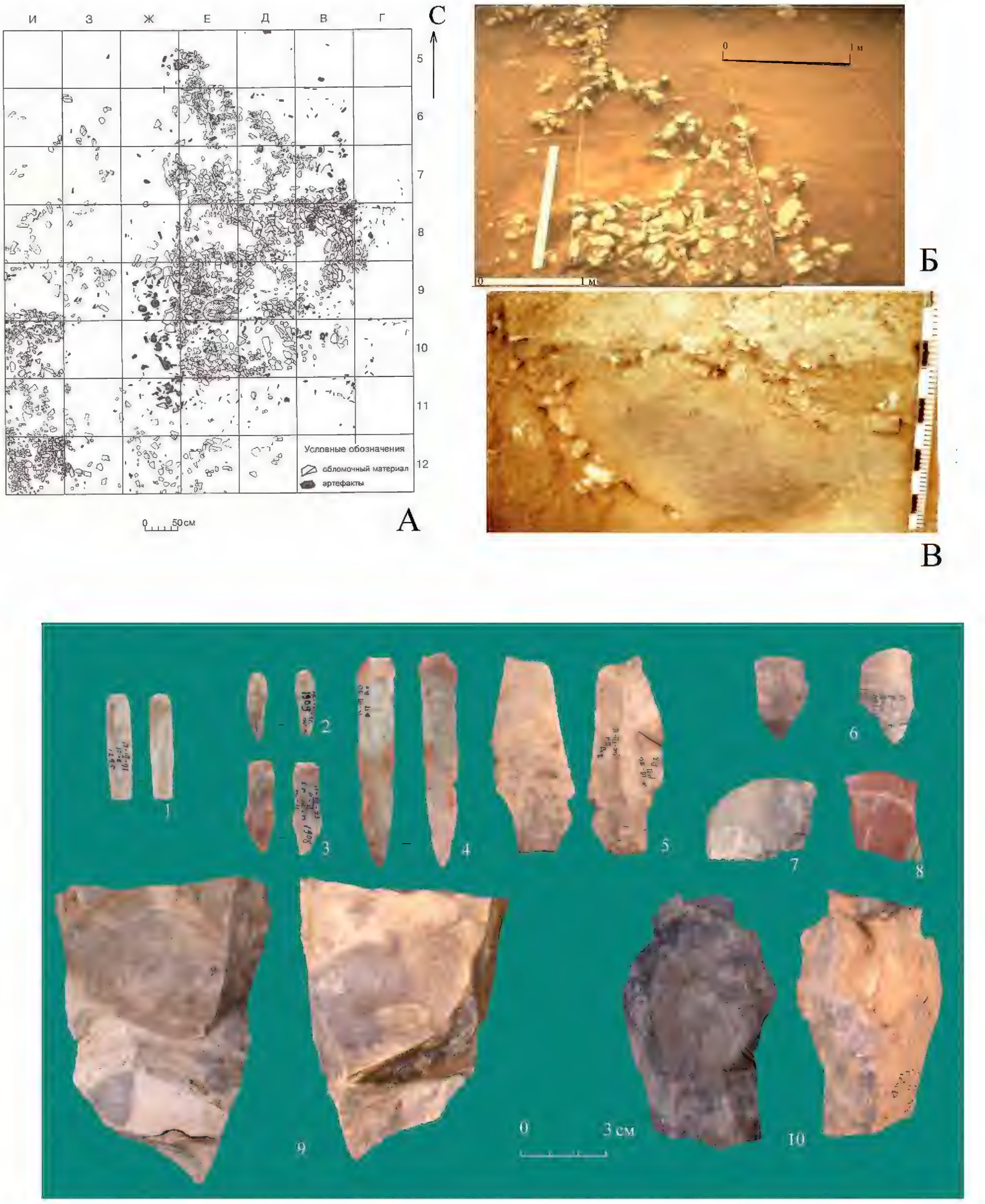


Рис. 6. Подол III/2

А – план раскопа; Б, В – вид сверху и в разрезе на конус выноса селевого потока; Г – археологический материал из конуса выноса селевого потока.

Fig. 6. Podol III/2

А – plan of the excavation area; Б, В – mudflow removal cone in plan and in the section; Г – archaeological assemblage from the mudflow removal cone.

Таблица 2. Стратиграфия стоянки Подол III/1 по Ю.А. Лаврушину, Е.А. Спиридоновой [Синицына и др. 1997].

слои	Периоды Блитта-Сернандера определение Е.А. Спиридоновой	Описание разреза южной стенки раскопа 1995 г, кв. Г-8.
VIII	Sa 2	Пачка горизонтальнослоистых песков, мощностью до 0.5 м, соответствующих одному из высоких уровней озера
II	Sa 1	современная почва представленая темно-серым гумусированным песком с беспорядочно распределенной щебенкой известняка, мощностью до 0.15 м, к которой приурочены позднесредневековые находки.
VI	ATL	
		черный гумусированный песок со щебенкой, мощностью до 0.6 м (4-ая погребенная почва), в который включены находки раннего средневековья.
V		3-я погребенная почва – интенсивно гумусированный песок темно-серого цвета, мощностью 0.07–0.08 м. Имеет прерывистый характер и прослеживается только в южной части памятника. Находки эпохи неолита.
IV	B	гумусированный коричневато-серый песок (2-ая снизу погребенная почва) мощностью до 0.1 м; находки эпохи неолита. Бореальный период.
слой III.	нет	Толща гомогенного слабо гумусированного желтого песка мощностью до 0.4 м В песке встречается редкий гравий, мелкая щебенка. По своему типу строения не исключено, что отложения слоя III представляют собой материал склонового смыва. Пыльцы не обнаружено
слой II	AL	Бурый ожелезненный песок, представляющий, горизонт вмывания. Нижний контакт – типично почвенный – с мелкими клиновидными структурами. В верхней части отмечена концентрация известняковой щебенки.
слой 1		В основании раскопа I вскрыта толща отложений озерного прибрежного вала, представленная желто-серыми разнозернистыми песками с отчетливо выраженной косой слоистостью, имеющей падение 8–10° в сторону озерной впадины (слой I). Вскрытая толща песков имеет мощность до 0.3 м. Эти отложения фиксируют высокий уровень озерного водоема.

этой ямы представляют собой особую ценность тем, что здесь представлен датированный замкнутый комплекс инвентаря (рис. 6Г).

Инвентарь аллередского времени представлен значительным количеством находок из раскопок стоянок Подол III/1 и Подол III/2. Данные палеомагнитного (палеомагнитный экскурс – гётенбург) подтвердили аллередский возраст археологического материала, установленный первоначально по данным спорово-пыльцевого анализа [Спиридонова, Алешинская, 1999. С. 132; Синицына и др., 2013].

Заключение

Материалы многослойных стоянок на северном берегу озера Волго свидетельствуют о хронологически и культурно различных комплексах заселения Валдайской возвышенности, начиная с конца бёллинга.

Начиная с заключительной стадии бёллинга здесь сосуществуют две традиции заготовок орудий на широких и узких пластинах, при этом узкопластинчатый инвентарь представлен инвентарем рессетинской культуры, хронология которой нашла подтверждение по AMS датированию смолы на орудиях рессетинского инвентаря [Mikael A. Manninen1 et all, 2021].

В отложениях дриаса II – зафиксирован новый тип материальной культуры в этом регионе. Появление населения типа Акулово, скорее всего, имело здесь эпизодический и кратковременный характер в пределах дриаса II.

В отложениях аллерёда и дриаса III, – культурный слой подольской культуры представлен в развитии как минимум на трех этапах: 1 – аллередское время – Подол III/1; Подол III/2, Баранова гора, сл. аллереда; 2 – середина дриаса III – Троицкое 3, Подол III/1, Подол III/2 (находки из ямы конуса выноса селевого потока), Теплый Ручей 2; 3 – рубеж плейстоцена–голоцена – Усть-Тудовка I (раскоп 2), стоянка датированная концом дриаса III (Sinitsyna, 2019).

В пребореале на территории Валдайского Приозерья зафиксированы материалы иеневской культуры, продолжающей традиции подольской;

свидерской, инвентарь из мелового кремня, как показатель контактов с западными территориями; традиции микропластинчатой технологии находят отражение в материалах бутовской культуры.

Исследование выполнено в рамках плановой темы 0184-2019-0002 а также частично при поддержке гранта РФФИ 20-09-00233

Литература

Гуськова Е.Г., Распопов О.М., Иосифиди А.Г., Синицына Г.В., Синицын А.А. Палеомагнитные исследования отложений многослойной стоянки Подол III/1 на озере Волго в Тверской области // ТАС. Вып. 6. / Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТОГМ, 2006. С. 44–54.

Добрецов Н.Л., Коваленко В.И. Глобальные изменения природной среды// Геология и геофизика. Т. 36. № 8. М., 1995. С. 9–51.

Жилин М.Г. Мезолит Волго-Окского междуречья: некоторые итоги изучения за последние годы// Проблемы каменного века Русской равнины / Отв. ред. Х.А. Амирханов. М.: Научный мир, 2004. С.92–139.

Зубаков В.А. Глобальные климатические события плейстоцена. Л.: Гидрометеоиздат. 1986. 288 с.

Кобозева Е.А., Кобозев Ю.А., Синицына Г.В. Поплевко Г.Н Местонахождение палеолитического времени в г. Твери // ТАС. Вып.6. / Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТГОМ, 2006. С. 179–190.

Кольцов Л.В. О первоначальном заселении Тверского Поволжья // ТАС. Вып.1. / Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТГОМ, 1994. С. 7–10.

Лаврушин Ю.А. Календарно-событийная стратиграфия позднего неоплейстоцена / Ю.А. Лаврушин, Е.А. Спиридонова, Г.В. Холмовой // Третье Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода. – Смоленск: Изд–во ГИН РАН, Смоленск, гос. пед. ун-т, 2002. Т. 1. С. 143–145.

Ланцев А.П., Мирецкий А.В. Стоянка Троицкое 3 – один из древнейших памятников Тверского Поволжья // ТАС. Вып. 2. /Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТОГМ, 1996. С. 57–64.

Мирецкий А.В. Финальнопалеолитическая стоянка Теплый ручей на Верхней Волге//Своеобразие и особенности адаптации культур лесной зоны Северной Евразии в финальном плейстоцене – раннем голоцене. / отв.ред. М.Г. Жилин/ М.:ИА РАН, 2007. С. 123–133.

Сидоров В.В. Мезолит бассейна р. Съежи // ТАС. Вып. 2. / Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТОГМ, 1996. С. 75–92.

Синицына Г.В. Исследование финальнопалеолитических памятников в Тверской и Смоленской областях // Археологические изыскания ИИМК РАН. Вып. 39. СПб.: ИИМК РАН, 1996. 48 с.

Синицына Г.В. Финальный палеолит и ранний мезолит – этапы развития материальной культуры на Верхней Волге. // ТАС. Вып.4. / Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТГОМ, 2000. С.61–71.

Синицына Г.В. О миграциях и автохтонном развитии культур финального палеолита на северо-западе Русской равнины // Проблемы заселения северо-запада Восточной Европы в верхнем и финальном палеолите (культурно-исторические процессы). / Ред. Синицына Г.В. / Изд-во ЭлексСис. СПб.: ИИМК РАН, 2013. С. 152–181.

Синицына Г.В. Микропластинчатая технология в материалах финального палеолита верхневолжских озер // Верхнедонской археологический сборник / Отв. ред. А.А. Бессуднов, Е.Ю. Захарова : ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского». Вып. 11. Липецк: ЛГПУ имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2019. С. 218–230.

Синицына Г.В., Спиридонова Е.А., Лаврушин Ю.А. Природная среда и возможные миграции первобытного человека на рубеже плейстоцена–голоцена на севере Русской Равнины и Скандинавии // Первые Скандинавские чтения. Этнографические и культурно-исторические аспекты. Отв. ред. Мыльников А.С. МАЭ РАН– СПб., 1997. С. 86–103.

Синицына Г.В., Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Гуськова Е. Г., Распопов О. М., Иосифиди А.Г. О хронологии археологических материалов и возрасте вмещающих отложений многослойной стоянки Баранова гора в Тверской области. // ТАС. Вып.7. / Отв. ред. И.Н. Черных. Тверь: ТГОМ, 2009. С. 52–70.

Синицына Г.В., Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Геоархеологические объекты финального палеолита: Баранова гора, Подол III/1, Вышегора I на великом водоразделе Волги и Днепра // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. Вып.1. Феномен геоархеологической многослойности Байкальской Сибири. 100 лет Байкальской научной археологии. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня открытия Б.Э. Петри Улан-Хады. / Отв. ред. Г.И. Медведев. Изд-во ИГУ. Иркутск, 2012. С. 192–204.

Синицына Г.В., Гуськова Е.Г., Распопов О.М., Иосифиди А.Г., Кулькова М.А. Проблемы хронологии памятников рубежа плейстоцена – начала голоцена северо-запада Русской равнины// Проблемы заселения северо-запада Восточной Европы в верхнем и финальном палеолите (культурно-исторические процессы) Ред. Синицына Г.В. Изд-во ИИМК РАН СПб., 2013. С. 233–260.

Спиридонова Е.А., Алешинская А.С. Опыт применения палинологического анализа для периодизации мезолита Волго-Окского междуречья // Исторический музей – энциклопедия отечественной истории и культуры. Труды ГИМ. Вып. 103. М.:1999. С. 127–141.

Спицын А.А. Бежецкие древности // Бежецкий край. Первый выпуск статей Бежецкого научного общества по изучению местного края. Государственное издательство Тверское отделение. Г. Бежецк, 1921 г. С. 1–20.

Фролов А.С. Стоянка Заозерье 1 на Москве-реке// КСИА. Вып. 189. М.: Наука, 1987. С.75–83.

Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии (геология на пороге XXI в.). Наука, Геология. М., 1994. 187с.

Чеботарева Н., Фаустова М., Вайтекунас П., Девятова Э. Граница валдайского оледенения и краевые образования максимальной (бологовской) стадии. Деградация льдов валдайского оледенения. // Последний Европейский ледниковый покров. К VII Конгрессу INQUA (США, 1965). М.: Наука, 1965. С. 22–26.

Щербакова Е.М. Четвертичная геология СССР. М.:МГУ. 1968. 156 с.

Mikael A. Manninen & Vitali Asheichyk & Tõnno Jonuks & Aivar Kriiska & Grzegorz Osipowicz & Aleksei Nikolaevich Sorokin & Aliaksandr Vashanau & Felix Riede & Per Persson Using Radiocarbon Dates and Tool Design Principles to Assess the Role of Composite Slotted Bone Tool Technology at the Intersection of Adaptation and Culture–History //Journal of Archaeological Method and Theory https://doi.org/10.1007/s10816–021–09517–7.

Sinitsyna G.V. Colonization of the Valdai Highland in the Final Palaeolithic // The Final Palaeolithic of Northern Eurasia/ Proceedings of the Amersfoort, Schleswig and Burgos UISPP Commission Meetings. SCHRIFTEN DES MUSEUMS FÜR ARCHÄOLOGIE SCHLOSS GOTTORF Erganzungsreihe Band 13 /Ed. By B. Eriksen/ Schleswig, 2019. Pp 363–378.

Literature

Guskova E.G., Raspopov O.M., Iosifidi A.G., Sinitsyna G.V., Sinitsyn A.A. Paleomagnetic investigations of sediments at the multilayer site Podol III/1 at the Volga Lake in the Tver region // TAS. Issue 6. / Ed. by I. N. Chernykh/. Tver: TOGM, 2006. pp. 44–54. (in Russian)

Dobretsov N.L., Kovalenko V.I. Global changes in the natural environment // Geologiya i geofizika, vol. 36, no. 8, Moscow, 1995, pp. 9–51. (in Russian)

Zhilin M.G. Mesolithic of the Volga–Oka interfluve: some results of the study in recent years // Problems of the Stone age of the Russian plain / Ed. Kh. A. Amirkhanov. – M.: Nauchny mir, 2004. pp. 92–139. (in Russian)

Zubakov V.A. Global climatic events of the Pleistocene. Leningrad.: Hydrometeoizdat. 1986. 288 p. (in Russian)

Kobozeva E.A., Kobozev Yu.A., Sinitsyna G.V. Poplevko G.N. Upper Palaeolithic Location in Tver. TAS. Vol 1, Issue 6 /Ed. by I. N. Chernykh/. Tver: TOGM 2006. pp. 179–190. (in Russian)

Koltsov L.V. On the initial settlement of the Tver Volga Region. // TAS. Issue 1. / Ed. by I. N. Chernykh. Tver: TOGM, 1994. pp. 7–10. (in Russian)

Lantsev A.P., Miretsky A.V. Troitskoye 3 site – One of the most Ancient monuments of the Tver– Volga region // TAS. Issue 2. / Ed. by I. N. Chernykh /. Tver: TOGM, 1996. pp. 57–64. (in Russian)

Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Kholmovoy G.V. Calendar-event stratigraphy of the Late Neo-Pleistocene // Third All-Russian Meeting for the Quaternary studies. Smolensk: Publishing House of the GIN RAS, Smolensk, State Pedagogical University, 2002. – Vol. 1. pp. 143–145. (in Russian)

Miretsky A.V. Teply Ruchey – Final Palaeolithic site on the Upper Volga // Originality and features of cultural adaptation in the Final Pleistocene–early Holocene of the Northern Eurasia forest zone./ ed. by M. G. Zhilin / M.: IA RAS, 2007. pp. 123–133. (in Russian)

Sidorov V.V. The Mesolithic of the Syezha river basin // TAS. Issue 2. / Ed. by I.N. Chernykh/. Tver: TOGM, 1996. p. 75 92. (in Russian)

Sinitsyna G.V. Final Palaeolithic studies in Tver and Smolensk regions // Archaeological research of the IHMC RAS. Issue 39. St.Petersburg: IIMK RAS, 1996. 48 p. (in Russian)

Sinitsyna G.V. The Late Palaeolithic and Early Mesolithic as the stages of material culture development on the Upper Volga River // TAS. Issue.4. / Ed. by I.N. Chernykh. Tver: TOGM, 2000, pp. 61–71. (in Russian)

Sinitsyna G.V. To the problem of migrations and autochthonous cultural evolution in the Final Paleolithic at northwest Russian plain // Problems of settlement of the North–west of Eastern Europe in the Upper and Final Paleolithic (cultural and historical processes). / Ed. G.V. Sinitsyna /. – EleksSis Publishing House. St.Petersburg., 2013, pp. 152–181.

Sinitsyna G.V. Microblade technology in the Final Palaeolithic of the Upper Volga Area // Verkhnedonskoy archaeological collection / Ed. by A.A. Bessudnov, E.Yu. Zakharova/: Lipetsk State Pedagogical University, Issue 11. – Lipetsk: LSPU, 2019, pp. 218–230.

Sinitsyna G.V., Spiridonova E.A., Lavrushin Yu.A. Natural environment and possible migrations at the Pleistocene–Holocene boundary in the North of the Russian Plain and Scandinavia // The first Scandinavian readings. Ethnographic and cultural-historical aspects. / Ed. by A.S. Mylnikov/ MAE RAS – St.Petersburg, 1997. pp. 86–103.

Sinitsyna G.V., Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Gus'kova E.G., Raspopov O.M., Iosifidi A.G. About the chronology of archaeological materials and the age of the containing deposits at the multilayer site Baranova Gora in the Tver region. // TAS. Issue.7 /Ed. by I.N. Chernykh/. Tver: TOGM, 2009. p. 52–70.

Sinitsyna G.V., Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A. Geoarchaeological objects of the Final Paleolithic: Baranova gora, Podol III/1, Vyshegora I on the great watershed of the Volga and Dnieper // Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, paleoecology, cultures. Vol.1. The phenomenon of geoarchaeological multilayering of Baikal Siberia. 100 years of Baikal scientific Archeology. – Materials of the All-Russian scientific conference dedicated to the 100-th anniversary of the Ulan-Khada discovery by B.E. Petri. / Ed. by G. I. Medvedev/. IGU. Irkutsk, 2012. pp. 192–204.

Sinitsyna G.V., Guskova E.G., Raspopov O.M., Iosifidi A.G., Kulkova M.A. Chronological problems of sites at the Pleistocene–Early Holocene boundary of the North-West Russian plain // Problems of settlement of the North-west of Eastern Europe in the Upper and Final Paleolithic (cultural and historical processes). /Ed. G.V. Sinitsyna/. EleksSis Publishing House. St.Petersburg, 2013., pp. 233–260.

Spiridonova E.A., Aleshinskaya A.S. The experience of using palynological analysis for the periodization of the

Volga–Oka interfluve Mesolithic. // Historical Museum – encyclopedia of Russian history and culture. – Trudy GIM. Issue 103. Moscow: 1999. pp. 127–141.
Spitsyn A.A. Bezhetsky antiquities // Bezhetsky region. The first issue of articles of the Bezhetsky Scientific Society for the study of the local region. State Publishing House Tver Branch, Bezhetsk, 1921, pp. 1–20.
Frolov A.S. Zaozerye 1 site on the Moskva river. // KSIA. Issue 189, 1987, pp. 75–83.
Khain V.E. Main problems of the modern geology (geology on the threshold of XXI century). Nauka, Geologiya – M., 1994. 187s.
Chebotareva N., Faustova M., Vaitekunas P., Devyatova E. The boundary of the Valdai glaciation and the marginal formations of the maximum (Bologovo) stage. Degradation of the ice of the Valdai glaciation. // The last European ice sheet. To the VII Congress of INQUA (USA, 1965). Moscow: Nauka, 1965. pp. 22–26.
Shcherbakova E.M. Quaternary geology of the USSR. Moscow: MSU. 1968. 156 p.

G.V. Sinitsyna, E.A. Spiridonova

STAGES OF SETTLEMENT OF THE NORTHERN SHORE OF LAKE VOLGO IN THE LATE GLACIAL PERIOD

Cultural layers of the Final Palaeolithic affiliation in well pronounced stratigraphic position in the deposits of the Bolling–Preborial frames were identified at the sites Baranova Gora, Podol III/1, Podol III/2 near the village Lanino (Tver district) at the northern shore the lake Volgo. Multidiscipline analytic studies made it possible: (1) to do the reconstruction of natural environment during the somensky interstadial, (2) to establish the level of the Volgo (205m BS), (3) to identify the mudslide, the flow of which partly destroyed the settlement.

It appeared to be the background for the identification of chronological sequences, diversities of archaeological assemblages and for the reconstruction of the area settlement during Tardiglacial epoch. The first colonization wave is put in connection with the population of Epigravettian cultural tradition spread from the southeast. The distribution of Akulovo culture from the north-east is identified at Dryas II period. Manifestation of the Podol local archaeological culture of Bromme affiliation is the base for the reconstruction the population migration from the west-south-west around the subglacial zone in Allerod–Dryas III.

Keywords: Late Glacial period, paleolandscapes, Valdai Upland, extreme natural events, palynology, comparative typological analysis of inventory.

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА
№ 78, 2020 г.

ВКЛАД ЮРИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ЛАВРУШИНА В ИЗУЧЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА: К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

И.П. Второв[1], Ю.К. Голубев[2], С.В. Наугольных[1]

[1]Геологический институт РАН;
[2]ФГФУ Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов.

В статье рассмотрены биография, организационная и научная работа доктора геолого-минералогических наук, председателя Комиссии по изучению четвертичного периода Юрия Александровича Лаврушина (род. 1931). Указаны его вклад в изучение четвертичного периода, обширные научные связи, редакторская деятельность и многолетняя плодотворная работа в Геологическом институте АН СССР / РАН.

Ключевые слова: антропоген, четвертичный период, оледенения, геоморфология, литология, история геологии, Юрий Александрович Лаврушин, Евгений Виргильевич Шанцер, Валериан Иннокентьевич Громов, юбилей, Институт геологических наук, Геологический институт, АН СССР, РАН.

DOI 10.34756/GEOS.2021.16.37851

В 2021 году исполняется 90 лет со дня рождения Юрия Александровича Лаврушина, доктора геолого-минералогических наук, председателя Комиссии по изучению четвертичного периода (с 2002) и главного редактора настоящего Бюллетеня (с 2004). Он автор многочисленных публикаций, внёсших большой вклад в области изучения материковых оледенений, стратиграфии и литологии четвертичных отложений и является одним из ярких представителей научной школы о генетических типах четвертичных отложений, основанной Евгением Виргильевичем Шанцером (1905–1987). Ещё в 1957 г. при Межведомственном стратиграфическом комитете (МСК), под председательством Е.В. Шанцера, начала работу Постоянная стратиграфическая комиссия по четвертичным отложениям СССР, где Ю.А. Лаврушин был учёным секретарём. Вся деятельность Ю.А. Лаврушина неразрывно связана с Геологическим институтом (ГИН) РАН, в настоящее время он главный научный сотрудник лаборатории седиментологии и геохимии осадочных бассейнов, отдела литологии. Активная организационная и редакторская деятельность в Комиссии и Бюллетене успешно совмещается с его активной научной работой. Он участвовал в разработке предложений по уточнённой стратиграфической шкале четвертичной системы [Янина, 2014], выступал на 20 сессии конгресса INQUA в Дублине (2019).

Юрий Александрович Лаврушин родился 16 января 1931 г. в Москве. В 1948 г. поступил в Московский энергетический институт. Однако, сразу понял что это не его специальность, и на следующий год поступил на Географический факультет МГУ. Во время учёбы в университете он специализировался в геоморфологии, работал коллектором в Восточно-Сибирской экспедиции НИИ географии МГУ (1950–1951), был старшим коллектором Орловской экспедиции геологического управления Министерства геологии СССР (1952–1953).

После окончания МГУ в 1954 г. он поступил на должность младшего научного сотрудника в Отдел четвертичной геологии Института Геологических наук АН СССР. За полгода до этого институт возглавил и начал реформировать академик Николай Сергеевич Шатский (1895–1960). В 1956 г. вновь был создан Геологический институт АН СССР. К этому периоду относятся первые научные публикации Ю.А. Лаврушина. В новой структуре он продолжил работать под руководством Валериана Иннокентьевича Громова (1896–1978) в отделе геологии четвертичных отложений и генетических типов континентальных образований. В это время

отдел занимался изучением процессов разрушения и переноса горных пород, сотрудниками было создано учение о генетических типах четвертичных континентальных отложений [Тихомиров и др. 1980]. Материковые оледенения и их отложения были в центре внимания Ю.А. Лаврушина. В 1962 г. он защитил кандидатскую диссертацию по этой теме «Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений» и подготовил монографию [Лаврушин, 1963].

Е.В. Шанцер, Г.С. Ганешин, Ю.А. Лаврушин и Н.И. Кригер, 1970-е годы.

В 1964 году отдел разделился, и была образована новая Лаборатория генетических типов континентальных отложений, которая перешла в Сектор литологии ГИН АН СССР. В ней Ю.А. Лаврушин продолжил работать под руководством Е.В. Шанцера. К концу 1960-х годов Е.В. Шанцер и Ю.А. Лаврушин предложили новую методику восстановления палеорельефа и ландшафтных обстановок в различных структурных условиях при изучении генетических типов континентальных толщ [Тихомиров и др. 1980]. В 1973 году защитил докторскую диссертацию по теме «Строение и формирование основных морен материковых оледенений» [Лаврушин, 1976], которая до сих пор актуальна. Данные исследования опередили зарубежные разработки на несколько десятилетий! В англоязычной литературе аналогичные представления о формировании отложений ледникового комплекса в наиболее концентрированном виде были опубликованы только в 1998 году в фундаментальной монографии Д. Бенна и Д. Эванса «Ледники и оледенение» [Benn, Evans, 1998].

В научных трудах Ю.А. Лаврушина многие направления, намеченные Е.В. Шанцером продолжили дальнейшее развитие (Шанцер Е.В., Лаврушин Ю.А., 1978). В этом отношении следует отметить, в первую очередь, развитие представлений о ледовом типе седименто- и литогенеза [Лаврушин и др., 1986]. Кроме того, Ю.А. Лаврушин вёл в институте насыщенную общественную работу, был заведующим лабораторией, начал преподавательскую работу в Институте дружбы народов.

В последние годы Ю.А. Лаврушин смог сформулировать представления о склоновых процессах, которые являлись крайне сложной задачей. Е.В. Шанцер объяснял Юрию Конкордьевичу Голубеву, что мечта его жизни создать монографию, посвященную процессам формирования склоновых отложений, но, к сожалению, как он говорил, он не смог за неё взяться из-за крайней сложности этих процессов.

Разработки Ю.А. Лаврушина оказались востребованы при совершенствовании методики проведения шлихо-минералогических поисков алмазных месторождений. Выделенные им фации (группы фаций) ледниковых и водно-ледниковых отложений легли в основу разработанных генетических классификаций ореолов рассеяния минералов-индикаторов кимберлитов в ледниковых и водно-ледниковых обстановках осадконакопления. Данные классификации вошли в Методические указания по ведению алмазопоисковых работ в сложных геолого-ландшафтных обстановках (сейчас этот Проект Методических указаний, составлен по заказу Роснедр, получено положительное заключение после рассмотрения на геологической секции ТЭС АК «АЛРОСА» (ПАО) в 2020 г.).

Анализ опубликованных в последние годы представлений Ю.А. Лаврушина о проявлениях и особенностях формирования осадков селевого типа показывают, что признаки осадконакопления подобного типа наблюдаются в составе четвертичных осадков Якутии, формировавшихся в период дегляциации

Ю.А. Лаврушин (в кабине), выезд в экспедицию, 1977 г.

территории. Специфика формирования данного типа осадков, а именно с ними связано формирование богатейших россыпей алмазов Лено-Анабарского междуречья, абсолютно не учитывалась при проведении алмазопоисковых работ. Не исключено, что именно в силу этого обстоятельства до сих пор не открыты коренные источники алмазов этих россыпей. Данные разработки Ю.А. Лаврушина, по планам 2021 г., будут положены в основу адаптации методики проведения шлихо-минералогических поисков алмазных месторождений для поисковых обстановок данного региона Якутии.

Благодаря редакторским усилиям Ю.А. Лаврушина сохраняется актуальность Бюллетеня Комиссии по изучению четвертичного периода, имеющего давнюю и богатую историю. Он постепенно переходит на международные стандарты, чтобы занять достойное место среди журналов по четвертичной тематике. Ю.А. Лаврушин всегда уделял и продолжает уделять большое внимание работе с авторами, представляющими свои работы в Бюллетень. Рекомендации и замечания, которые он делает как по тексту статей, так и в отношении иллюстраций, всегда отличаются конструктивностью и корректностью. Например, заголовок статьи должен чётко отражать новизну темы и поставленную проблему. Обсуждение материала и сделанных выводов неизменно ведется в спокойном и доброжелательном тоне.

Широчайшая эрудиция в вопросах, касающихся стратиграфии четвертичной системы, а также палеогеографических и палеоклиматических условий квартера, позволяет Юрию Александровичу выносить веские и высоко профессиональные суждения о порядке чередования оледенений и межледниковий плейстоцена, и о номенклатуре стратиграфических подразделений, которая в четвертичной системе весьма сложна и до сих пор не может считаться унифицированной и принятой всеми исследователями. Так, например, до сих пор ведется дискуссия о соотношении московского и днепровского оледенений. К этой проблеме тесно примыкает вопрос о положении одинцовского и лихвинского горизонтов (например, см. [Шик, 1993]).

Именно Юрию Александровичу и группе его учеников, последователей и единомышленников принадлежит разработка теории о палеозоологических катастрофах в позднем палеолите центральных областей Восточной Европы [Лаврушин и др., 2015]. Суть этой теории заключается в следующем. Огромные по своим масштабам «кладбища» мамонтов, а точнее сказать, скопления скелетов и отдельных костей представителей мегафауны плейстоцена, образовались вследствие сочетания целого ряда факторов, из которых наиболее важными были трофический (движение

Ю.А. Лаврушин изучает керн из пробоотборной трубки в Белом море (совместные работы со ВСЕГЕИ). На первом плане А.Е. Рыбалко и Голубев Ю.К., 1980 г.

стад мамонтов и других крупных растительноядных млекопитающих к наиболее продуктивным в отношении растительной биомассы, в сочетании с нужным для полноценной жизнедеятельности многих животных карбонатом кальция, склонам южной экспозиции) и седиментационный (образование селевых ловушек, в которые попадали крупные растительноядные животные и, как следствие, идущие за ними хищники). Эта теория нашла подтверждение на материале из целого ряда местонахождений ископаемых остатков мамонтов и сопутствующих им животных в пределах Русской равнины и на прилегающих территориях.

Ю.А. Лаврушин связан научной, редакторской и организационной работой с несколькими уже ушедшими поколениями учёных-четвертичников. Ему посчастливилось работать в Геологическом институте с В.И. Громовым, Е.Н. Щукиной, С.А. Архиповым, Е.В. Шанцером, К.В. Никифоровой, Н.В. Кинд и другими яркими классиками изучения антропогена. Он также тесно общался и взаимодействует со многими четвертичниками и палеогеографами из ВСЕГЕИ, Института географии РАН и из других институтов России и разных

стан. Этот научный мостик преемственности он сохранил и протянул в наше время.

Его отчёты о научных конференциях и экспедициях внесли большой вклад в историю геологии. Он активно участвовал в части международных конгрессов INQUA, начиная с 6 сессии в Варшаве (1961). Изучал ледники и ледниковые отложения Шпицбергена (1965–1967), Гренландии (1969), Исландии (1970), США, Канады, на территории ряда стран Европы. В 1969 году Комиссия по изучению четвертичного периода издала его книгу о четвертичных отложениях Шпицбергена (Лаврушин, 1969). Он также участвовал в совместных работах на шельфах Белого, Баренцевого морей, был в 41 и 45 рейсах научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы». В этом отношении Ю.А.Лаврушину, как одному из немногих четвертичников, удалось совместить исследования на суше, принять участие в морских геологических работах и в краевых зонах современного оледенения.

Научные достижения Ю.А. Лаврушина неоднократно отмечались. За выдающиеся научные работы в области исследования и освоения Арктики была получена Премия имени О.Ю. Шмидта РАН (2010), за монографию «Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет» [Левитан, Лаврушин, Штайн, 2007] и «Sedimentation History in the Arctic ocean and subarctic seas for the last 130kvr (Левитан, Лаврушин изд. «Springer»2009). За заслуги в научной и педагогической деятельности и многолетнюю добросовестную работу Ю.А. Лаврушин был удостоен «Почётной грамоты Президента РФ» (2017). Официальное награждение проходило 14 февраля 2018 г. в конференц-зале ГИН РАН. Прозвучали приветственные речи от дирекции ГИН РАН и руководителя Федерального агентства научных организаций (ФАНО) М.М. Котюкова. Запомнилась ответная речь Ю.А. Лаврушина, когда он передал в ФАНО свою монографию, и высказал (своим громким голосом) ряд замечаний о недостаточном финансировании экспедиционных исследований и отсутствию современного измерительного оборудования (Accelerator mass spectrometry (AMS) C^{14}), но через 3 месяца ФАНО было ликвидировано.

В узком кабинете Ю.А. Лаврушина на 3 этаже (до пандемии COVID-19) часто была открыта дверь. Среди стопок книг и рулонов карт всегда кто-нибудь с ним беседовал, а проходящие мимо сотрудники отвлекали многочисленными вопросами. Ю.А. Лаврушин часто заходит в группу истории геологии, где его всегда с радостью встречают и ждут, как свидетеля событий давно минувших лет. Интересны его рассказы не только об учёных, с которыми ему посчастливилось работать, но и о конференциях и экспедициях. Он строит планы по изучению новых разрезов и обнажений вдоль недавно построенных дорог в разных направлениях от Москвы. Поражает и воодушевляет его жизненная энергия и исследовательская пытливость. Его всегда можно встретить на заседаниях учёного совета института и диссертационных советов. Надеемся на скорейшее окончание вирусных ограничений, чтобы услышать новые рассказы о его научных теориях, экспедициях и встречах с коллегами.

Выступление Ю.А. Лаврушина в конференц-зале ГИН РАН (14.02.2018).

С библиографией научных трудов Ю.А. Лаврушина можно ознакомиться в информационной системе «История геологии и горного дела» (http://higeo.ginras.ru/view-record.php?tbl=person&id=653). Труды ГИН АН СССР / РАН (Выпуски 26, 87, 100, 177, 288, 668 где он был автором или редактором) и более 30 его статей в Бюллетене можно найти в открытом доступе на сайте ГИН РАН.

Литература

Лаврушин Ю.А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений / Отв. ред. Е. В. Шанцер. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 266 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 87)

Лаврушин Ю.А. Четвертичные отложения Шпицбергена: Вопросы динамики накопления ледниковых, ледниково-морских склоновых отложений, стратиграфия и палеогеография плейстоцена: К VIII конгрессу JNQUA. Париж, 1969. М.: Наука, 1969. 181 с.

Лаврушин Ю.А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений / Отв. ред. Е. В.

Шанцер. М.: Наука 1976. 237 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 288.)
Лаврушин Ю.А., Гептнер А.Р., Голубев Ю.К. Ледовый тип седименто- и литогенеза. М.: Наука, 1986. 156 с.
Лаврушин Ю.А., Бессуднов А.Н., Спиридонова Е.А., Кураленко Н.П., Недумов Р.И., Холмовой Г.В. Палеозоологические катастрофы в позднем палеолите центра Восточной Европы: (Основы седиментолого-палеозоологической концепции возникновения кладбищ мамонтов). Москва: Геос. 2015. 88 с.
Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М.: ГЕОС, 2007. 404 с.; То же на англ. яз. Sedimentation history in the Arctic Ocean and Subarctic seas for the last 130 kyr. Berlin; Heidelberg: Springer, 2009. 416 p. (Lecture Notes in Earth Sciences; Vol. 118).
Тихомиров В.В., Соловьев Ю.Я., Панютина Л.Б., Гордина И.А., Малахова И.Г., Бугельская Л.В. История Геологического института АН СССР: Развитие института, его научные школы и библиография трудов. М.: Наука, 1980. 223 с.
Шанцер Е.В., Лаврушин Ю.А. Главнейшие закономерности строения и формирования основных морен материковых оледенений // Основные морены материковых оледенений: Материалы Международного симпозиума. М.: ГИН АН СССР, 1978. С. 27–42.
Шик С.М. Климатическая ритмичность в плейстоцене Восточно-Европейской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1993. Том 1. № 4. С. 105–109.
Янина Т.А. О новой стратиграфической шкале четвертичной системы // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 2014. № 1. С. 85–87. URL
Benn D.I., Evans D.J.A. Glaciers and glaciation. London: Arnold, 1998. 734 p.

Literature

Lavrushin Yu.A. Alluvium of lowland rivers of the subarctic belt and periglacial areas of continental glaciations / ed. E.V. Shantser. Moscow: AS USSR, 1963. 266 p. (Tr. GIN AS USSR; Vol. 87) (in Russian)
Lavrushin Yu.A. Quaternary deposits of Svalbard: Questions of the dynamics of accumulation of glacial, glacial-marine slope deposits, stratigraphy and paleogeography of the Pleistocene: Towards the 8th Congress of the INQUA. Paris, 1969. Moscow: Nauka, 1969. 181 p. (in Russian)
Lavrushin Yu.A. The structure and formation of the main moraines of continental glaciations / ed. E.V. Shantser. Moscow: Nauka 1976. 237 p. (Tr. GIN AS USSR; Vol. 288.) (in Russian)
Lavrushin Yu.A., Geptner A.R., Golubev Yu.K. Ice type of sediment and lithogenesis. Moscow: Nauka, 1986. 156 p. (in Russian)
Lavrushin Yu.A., Bessudnov A.N., Spiridonova E.A., Kuralenko N.P., Nedumov R.I., Kholmovoy G.V. Paleozoological catastrophes in the late Paleolith of the center of Eastern Europe: (Fundamentals of the sedimentological-paleozoological concept of the emergence of mammoth cemeteries). Moscow: Geos. 2015. 88 p. (in Russian)
Levitan M.A., Lavrushin Yu.A., Stein R. Sedimentation History in the Arctic Ocean and Subarctic Seas for the Last 130 kyr. Berlin; Heidelberg: Springer, 2009. 416 p. (Lecture Notes in Earth Sciences; Vol. 118).
Tikhomirov V.V., Soloviev Yu.Ya., Panyutina L.B., Gordina I.A., Malakhova I.G., Bugelskaya L.V. History of the Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR: Its development, scientific schools and bibliography of works. Moscow: Nauka, 1980. 223 p. (in Russian)
Shantser E.V., Lavrushin Yu.A. The main regularities of the structure and main moraines of continental glaciations // Main moraines of continental glaciations: Proceedings of the International Symposium. Moscow: GIN AS USSR, 1978. P. 27-42. (in Russian)
Shik S.M. Climatic rhythm in the Pleistocene of the East European platform // Stratigraphy. Geological correlation. 1993. Vol. 1. N 4. P. 105-109. (in Russian)
Yanina T.A. On a new stratigraphic scale of the Quaternary system // Bulletin of Moscow State University. Ser. 5. Geography. 2014. N 1. P. 85-87. (in Russian)
Benn D.I., Evans D.J.A. Glaciers and glaciation. London: Arnold, 1998. 734 p.

I.P. Vtorov, Yu.K. Golubev, S.V. Naugolnykh

YURIY ALEXANDROVICH LAVRUSHIN CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE QUATERNARY PERIOD: TO HIS 90TH ANNIVERSARY

The paper is about biography, organizational and scientific work of Doctor of Sciences, Chairman of the Commission for the Study of the Quaternary Yuriy Alexandrovich Lavrushin (born 1931). His contribution to the Quaternary research, extensive contacts, editorial activity and longtime fruitful work at the Geological Institute of the AS USSR / RAS are indicated.

Key words: Quaternary, Anthropogen, glaciations, geomorphology, lithology, history of geology, Yuriy Alexandrovich Lavrushin, Evgeniy Virgilievich Shantser, Valerian Innokentyevich Gromov, anniversary, Institute of Geological Sciences, Geological Institute, Academy of Sciences, AS USSR, RAS.

ИСТОРИЯ НАУКИ

СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЯКОВЛЕВ (1878–1957) – СОЗДАТЕЛЬ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ШКОЛЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

И.П. Второв

Геологический институт РАН, Москва

Показана научная, педагогическая и организационная работа профессора С.А. Яковлева в области изучения четвертичной системы. Он был первым учёным секретарём Комиссии по изучению четвертичного периода (1927–1936). Руководил отделом четвертичной геологии ВСЕГЕИ, избран генеральным секретарём редакционной комиссии международной карты четвертичных отложений по восточной части Европы (1932), входил в президиум и стал вице-президентом Советской секции INQUA. Организатор экспедиций по исследованиям четвертичного периода, автор и редактор многочисленных научных публикаций. Внёс большой вклад в составление и редактирование первых карт четвертичных отложений Европы и Западной Сибири.

Ключевые слова: Сергей Александрович Яковлев, учёный секретарь, Комиссия по изучению четвертичного периода, Ассоциация по изучению четвертичного периода Европы (АИЧПЕ), Международный союз по изучению четвертичного периода (ИНКВА), Бюро СССР, Советская секция ИНКВА, карты отложений четвертичной системы, история науки.

DOI 10.34756/GEOS.2021.16.37852

Сергей Александрович Яковлев стоял у истоков Комиссии по изучению четвертичного периода и стал её первым учёным секретарём. Он занимался вопросами общей и региональной геологии, геоморфологии, четвертичной геологии и картографии. Исследования четвертичных отложений и организационная работа в этой области принесли ему наибольшую известность.

В коллекции группы истории геологии Геологического института РАН хранятся материалы о С.А. Яковлеве, среди них его книги, корреспонденция и публикации о нём. Большинство фотографий, иллюстрирующих эту статью, было передано Серафимой Васильевной Яковлевой. В середине 1970-х годов, при подготовке статей к 100-летнему юбилею С.А. Яковлева, его ученик и коллега Иван Иванович Краснов (1906–2003) в письмах заведующему лабораторией истории геологии ГИН АН СССР Владимиру Владимировичу Тихомирову (1915–1994), называл С.А. Яковлева одним из первых ученых (вместе с Г.Ф. Мирчинком и др.), придерживающихся идей полигляциализма. И.И. Краснов отмечал, что особую дискуссию вызывали выявленные Яковлевым центры и общее число оледенений, что не столь существенно, т.к. это зависело от терминологии и таксономического ранга тех геологических событий, которые автор счёл возможным отнести к самостоятельным оледенениям. И.И. Краснов также выделил главные заслуги С.А. Яковлева: его учебник геологии, который долгие годы считался одним из лучших и выдержал 9 изданий (Яковлев, 1925–1948); «картирование четвертичных отложений, придавшее нашей науке практическое направление» [Краснов, 1977] и создавшее ленинградскую школу четвертичников-картографов [Москвитин, 1959].

Сергей Александрович Яковлев в 1936 г.
Sergey Yakovlev, 1936

С.А. Яковлев родился 7 октября (25 сентября по юлианскому календарю) 1878 г. в с. Черемхово, Иркутская губерния. Во время учёбы в гимназии он посещал лекции А.П. Герасимова и В.А. Обручева в Иркутском музее краеведения, где увлёкся геологией. В 1898 г. С.А. Яковлев поступил на геологическое отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета, который окончил в 1903 г. с дипломом I степени. Он был оставлен для подготовки к профессорскому званию и работал сверхштатным хранителем геологического кабинета [Яковлева, 1984]. Уже во время первых экспедиций на Северный Алтай (1905–1910 гг.) он обратил внимание и доказал наличие там следов обширного оледенения [Яковлев, 1909].

В 1908 г. началась педагогическая карьера С.А. Яковлева. Он был избран по конкурсу преподавателем геологии и минералогии в Санкт-Петербургский лесной институт, где до 1938 г. возглавлял кафедру геологии и минералогии. Одновременно читал лекции по геологии и минералогии на Высших женских сельскохозяйственных курсах им. И.А. Стебута. Большое распространение в вузах и техникумах получил его «Учебник геологии», переиздававшийся 15–50 тысячными тиражами и переведённый на болгарский и китайский языки [Яковлев, 1925–1953]. Заключительная глава учебника рассказывала о четвертичной системе, где были показаны четвертичные отложения, формы рельефа, ледниковые и межледниковые эпохи, описаны флора, фауна, доисторический человек и вопросы археологии.

Учитывая специфику вузов, связанных с землеустройством, лесным и сельским хозяйством, С.А. Яковлев начал изучение почв, подпочв, наносов и грунтов. Наиболее крупные исследования были проведены на Кавказе вдоль строительства частной Армавир-Туапсинской железной дороги [Яковлев, 1914]. Затем многие работы были тесно связаны с окрестностями северной столицы. В изучении четвертичных отложений он применил новые методы: диатомовый анализ, замеры береговых уровней приледниковых бассейнов и отложенных в них ленточных глин, исследовал петрографию валунов [Яковлева, 1984]. Итогом была его монография «Наносы и рельеф гор. Ленинграда и его окрестностей» [Яковлев, 1925–1926]. Она была издана Научно-мелиорационным институтом, в 2 томах, с 2 геологическими картами и подробным резюме на немецком языке. Детальное описание этого малоизученного для четвертичной геологии района имело важное значение при решении практических проблем в гидрогеологии и инженерной геологии, и стало моделью для изучения других регионов. Российское Минералогическое общество наградило издание почётным отзывом имени Алексея Ивановича Антипова [Соловьёв, 1967]. В историческом обзоре этой монографии говорилось о необходимости преодолеть отставание от

С.А. Яковлев в Санкт-Петербурге, 1910 г.
Sergey Yakovlev in St. Petersburg, 1910

«западных соседей» в изучении четвертичных отложений, прежде всего по сводкам исследований и картам четвертичных наносов.

С.А. Яковлев был в числе организаторов 1-го Всесоюзного геологического съезда (Петроград, 1–13 июня 1922 г.) и проводил геологические экскурсии. Он стал одним из создателей Комиссии по изучению четвертичного периода при АН СССР в 1927 г., и был её первым учёным секретарём. Он организовывал регулярные заседания Комиссии, вёл её протоколы, выпускал отчёты, следил за регулярной публикацией Бюллетеней и Трудов. Его работа хорошо заметна в хронике заседаний Комиссии в первых трёх номерах Бюллетеня [Яковлев, 1929; Протоколы, 1930, 1931]. После переезда АН СССР из Ленинграда в Москву, учёным секретарём Комиссии назначен Валериан Иннокентьевич Громов (1936–1945).

С 1929 г. С.А. Яковлев входил в Бюро СССР Международной Ассоциации по изучению четвертичного периода, председательствовал на заседаниях, затем вошёл в президиум и стал вице-президентом Советской секции INQUA (1941 г.) [Бойцова и др., 1959]. Благодаря преподавательской и организационной работе сподвижниками С.А. Яковлева в изучении геологии и четвертичного периода были многие его студенты и ученики (среди них С.Г. Боч, В.В. Галицкий, И.И. Красно-

С.А. Яковлев и Б.Ф. Земляков в ЦНИГРИ. Ленинград, 1934 г.

Sergey Yakovlev and Boris Zemlyakov. Leningrad, 1934

нов, В.Н. Кунин, Ф.Г. Марков, Н.Д. Палицин и др.) [Яковлева, 1984].

В октябре 1928 г. С.А. Яковлева пригласили на работу старшим геологом в Геологический комитет (реорганизованный в Институт геологической карты (1930), ЦНИГРИ (1931), а с 1939 г. во ВСЕГЕИ), где он создал Бюро съемки четвертичных отложений [Курек, 1988]. Именно в это время началось их коллективное и планомерное изучение в СССР для научных и хозяйственных нужд [Гербова, 1982]. Бюро вскоре было преобразовано в отдел четвертичной геологии, где под руководством С.А. Яковлева продолжило комплексную среднемасштабную геологическую съёмку четвертичных отложений европейской России. Составлялись новые стратиграфические схемы и подразделения, особое внимание уделялось ледниковым отложениям, проводились экспертизы при строительстве крупных гидротехнических, транспортных и других объектов.

Много усилий заняла подготовка ко 2-й Международной конференции Ассоциации для изучения четвертичных отложений Европы в Ленинграде. Её даже отложили на год, с 10 сентября 1931 г. на 1–7 сентября 1932 г. [Обручев, 1931]. По материалам ленинградских, московских, украинских

С.А. Яковлев и Б.Ф. Земляков. Ленинград, 1932 г.

Sergey Yakovlev and Boris Zemlyakov. Leningrad, 1932

и других коллективов геологов и почвоведов, на 6 листах была составлена первая обзорная карта четвертичных отложений Европейской части СССР и сопредельных территорий (масштаб 1:2 500 000), под общей редакцией С.А. Яковлева (на русском и английском языках, 1932). Стратиграфия четвертичных отложений Русской равнины в то время была недостаточно изучена и противоречива, поэтому на карте по возрасту выдели только Q_1 – ледниковые, Q_2 – послеледниковые и нерасчленённые горизонты. На карте цветами отметили 14 генетических типов отложений, нанесли их литологический состав (15 разновидностей), покали геоморфологические особенности и границы: позднеледникового моря, распространения эрратических валунов, вечной мерзлоты и Кумо-Манычского пролива. Отображались в основном покровные подпочвенные слои, другие важные подстилающие слои указывались полосами по оврагам и долинам рек. Знаками на карте показали места наиболее интересных мест нахождения межледниковых слоёв и палеолитических стоянок. С.А. Яковлев отмечал, что основные трудности возникали из-за слабой изученности малонаселённых мест и необходимости согласования взглядов разных исследователей. Благодаря обобщённой карте стали заметны новые геологические явления позволившие сделать важные заключения и выводы [Яковлев, 1931, 1932а]. Несмотря на спешку и схематичный характер карты, впервые удалось обобщить накопленный материал по континентальным четвертичным отложениям и характер их распространения на огромной территории [Краснов, 1973; Гербова, 1982; Егоров и др., 1982].

С.А. Яковлев и А.Л. Рейнгард. Ленинград, 1932 г.

Sergey Yakovlev and Anatoly Reinhard. Leningrad, 1932

Первый опыт составления сводной картины четвертичных отложений Европейской части СССР на карте продемонстрировал приоритет картографирования четвертичных отложений в СССР [Нейштадт, 1974]. Карта получила высокую оценку экспертов разных стран на конференции, отразила принятые взгляды полигляциалистов, и стала наглядной моделью для создания международной карты четвертичных отложений для всей Европы. С.А. Яковлев кроме доклада и демонстрации карты провёл для участников международной конференции экскурсии в окрестностях

С.А. Яковлев, С.В. Яковлева, А.Л. Рейнгард и чертёжница Н.Н. Титова у Карты отложений четвертичной системы Европейской части СССР и сопредельных территорий. Ленинград, 1932 г.

Sergey Yakovlev, Serafima Yakovleva, Anatoly Reinhard and N. Titova (draftswoman) with the map of Quaternary deposits of the European part of the USSR and surrounding areas. Leningrad, 1932

С.А. Яковлев, Я.С. Эдельштейн и другие участники экскурсии на межледниковые отложения. Ленинградской обл., река Мга, Конгресс АИЧПЕ, 4 сент. 1932 г.

Sergey Yakovlev, Yakov Edelstein and other participants in the excursion to the interglacial deposits. Mga River, Leningrad Region, Congress Association pour l'étude du Quaternaire Européen, Sept. 4, 1932.

Ленинграда, где показал следы трёх послеледниковых трансгрессий и одной позднеледниковой [Яковлев, 1932b].

В 1933 г. С.А. Яковлева избрали генеральным секретарём редакционной комиссии карты по восточной части Европы в масштабе 1:1 500 000. Северная часть карты Русской равнины была под редакцией С.А. Яковлева, южная – Г.Ф. Мирчинка. ВСЕГЕИ организовал около 50 экспедиций на север и Кавказ [Яковлева, 1984]. На 3-й Международной конференции в Вене (Австрия, 1936) обновлённую карту четвертичных отложений Европейской части СССР, а также 19 и 20 листы Международной карты Европы (районы Москвы, Ленинграда и Средней Волги) показали А.А. Блохин и Г.Ф. Мирчинк. К 1941 г. было подготовлено ещё 5 листов (Русская равнина, Прибалтика и Польша), но II Мировая война прервала начатые работы [Яковлева, 1984].

Новая карта Европейской части СССР была составлена в 1950 г. Г.П. Алферьевым, С.Г. Бочем, И.И. Красновым, В.Н. Саксом, С.В. Эпштейном и С.В. Яковлевой под редакцией С.А. Яковлева (масштаб 1:2 500 000) [Яковлев, 1950]. Второе издание карты отличалось более дробной стратиграфической основой, пояснительной запиской, и тем что были показаны геоморфологические особенности четвертичных отложений. Уменьшенная копия этой карты (масштаба 1:5 000 000) стала приложением к монографии С.А. Яковлева «Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины (Стратиграфия)» [Яковлев, 1956]. В книге тиражом 3000 экз. рассмотрены история и критика полигляциолизма, обобщена теория, номенклатура, подразделения и описания четвертичных отложений Русской равнины на основании работ по изучению четвертичного покрова, проведённых научными институтами, экспедициями и геологическими управлениями. Сводка материалов для столь большой территории явилась первым опытом такого обобщения по четвертичной геологии.

Сергей Александрович Яковлев в 1945 г.
Sergey Yakovlev, 1945.

К 1959 г. была напечатана обзорная карта четвертичных отложений Западной Сибири (масштаба 1:2 500 000), начатая под руководством С.А. Яковлева. Эти работы способствовали созданию подробных стратиграфических схем четвертичных отложений и охвату геологической съёмкой всё больших территорий.

Послевоенное возобновление работы учёных из СССР на международных конгрессах инициировал С.А. Яковлев. В 1953 г. учёным из СССР пришлось пропустить 4 сессию конгресса INQUA в Италии. Как только было принято решение о проведении следующего конгресса в Мадриде (1957 г.), то сразу началась подготовка к нему. Именно С.А. Яковлев (как заместитель председателя Советской секции INQUA) обратился в Министерство геологии и охраны недр СССР с просьбой восстановить деятельность Советской секции и обеспечить её участие в работах очередных конгрессов [Нейштадт, 1974].

В 1947 г. на заседании Комиссии по изучению четвертичного периода С.А. Яковлев сделал доклад «О числе оледенений на Русской равнине» [Иванова, 1949], где установил не менее 7 оледенений [Яковлев, 1949]. В более подробной схеме

Е.В. Шанцер, П.И. Лебедев, С.А. Яковлев и др. на экскурсии во время 17 сессии Международного геологического конгресса. СССР, июль 1937 г.

Evgeny Shantser, Peter Lebedev, Sergey Yakovlev and others on an excursion during the 17th session of the International Geological Congress. USSR, July 1937.

было выявлено чередование 8 оледенений из скандинавского, новоземельского и уральского центров оледенения. Число оледенений определялось из подсчета регрессий и трансгрессий Черного и Каспийского бассейнов, что совпадало с данными по моренным горизонтам на континенте и было близко к числу террас большинства южнорусских рек [Яковлев, 1956].

Под общей редакцией С.А. Яковлева были составлены «История геологического развития территории СССР в четвертичном периоде» (Том 12, 1949. 714 с. [Рукопись № 7353, фонды ВСЕГЕИ]; [Яковлева, 1984] и раздел «Четвертичная система» в издании «Геологическое строение СССР» [Яковлев, 1958]. Новые стандарты работ были представлены в двухтомнике «Методическое руководство по изучению и съемке четвертичных отложений» (1954, 1955), составленном под руководством С.А. Яковлева. Он выделил и обосновал стратиграфическое положение трёх северных трансгрессий в плейстоцене и двух в голоцене. В основу стратиграфического положения была взята разработанная им корреляция – принцип установления одновозрастности горизонтов морен, которые были сформированы ледниковыми покровами разных центров оледенений. Важность подобного методического приема состояла в преодолении порога идентификации горизонтов в морских отложениях, из-за чрезвычайно незначительных различий малакофауны.

2 декабря 1953 г. во ВСЕГЕИ прошли чествования в связи с 75-летием со дня рождения и 50-летием научно-педагогической деятельности С.А. Яковлева. На торжественном заседании С.Г. Боч выступил с докладом «Жизненный путь и педагогическая деятельность С.А. Яковлева», о его научной деятельности рассказал М.М. Толстихин [Программа, 1953]. Биография С.А. Яковлева появилась на страницах второго издания Большой советской энциклопедии (1957). Его заслуги были отмечены государственными наградами: орден «Ленина» и орден «Трудового Красного Знамени» [Великоцкий, 2016].

Таким образом, одним из важнейших направлений работ, которыми руководил С.А. Яковлев, было создание новых методов и принципов составления карт четвертичных отложений. С.А. Яковлев стал лидером и идеологом ленинградской школы геологов, специализировавшихся в комплексном литолого-стратиграфическом изучении четвертичных отложений, главным образом, межледниковых слоёв, с максимальным использованием методов микропалеоботанической обработки. Он унифицировал номенклатуру и терминологию подразделений четвертичной системы, провёл стратиграфическое расчленение морен по петрографическому составу. Развитию этого научного направления способствовали его педагогическая и организационная работа, вылившаяся в тесное сотрудничество его коллег в бюро, отделах, комиссиях и редколлегиях. В дальнейшем ученики и последователи продолжили и расширили начатые им работы.

С.А. Яковлев дома в кабинете, 1953 г.
Sergey Yakovlev. Home office, Leningrad, 1952.

Благодарности

Автор благодарен Юрию Александровичу Лаврушину (Председатель Комиссии по изучению четвертичного периода; Лаборатория седиментологии и геохимии осадочных бассейнов ГИН РАН) за помощь в подготовке данной статьи, а также за вдохновляющие рассказы о кратких встречах с С.А. Яковлевым.

Документы и материалы, используемые в статье, стали доступны благодаря работе сотрудников кабинета/лаборатории/сектора истории геологии ГИН АН СССР, которые собрали и систематизировали их под руководством В.В. Тихомирова.

Дополнительные материалы

С редакционными и научными статьями С.А. Яковлева можно ознакомиться в архиве статей Бюллетеня Комиссии по изучению четвертичного периода на www.ginras.ru/bcsq. Библиография и публикации о С.А. Яковлеве и другие документы представлены в информационной системе «История геологии и горного дела» ГИН РАН (higeo.ginras.ru/view-record.php?tbl=person&id=922).

Литература

Бойцова Е.П., Виттенбург П.В., Ганешин Г.С., Громов В.И. и др. Сергей Александрович Яковлев: [Некролог] // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 23. 1959. С. 97–101.

Великоцкий М.А. С.А. Яковлев (1878–1957) – полигляциалист-максималист // В мире идей: маринистов, криолитологов и гляциалистов. М.: Географический ф-т МГУ, 2016. 206–224.

Гербова В.Г. Первые карты четвертичных отложений СССР // История геологической картографии. М.: Наука, 1982. С. 167–172. (Очерки по истории геологических знаний; Вып. 21)

Егоров С.В., Жамойда А.И., Курек И.Н. идр. Четвертичная геология, геоморфология, геотектоника // ВСЕГЕИ в развитии геологической науки и минерально-сырьевой базы страны. 1882–1982. Л.: Недра, 1982. С. 93–94. (Тр. ВСЕГЕИ. Т. 314).

Иванова И.К. Хроника: Заседания Комиссии по изучению четвертичного периода в 1947 г. // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода № 14. 1949. С. 145–147.

Краснов И.И. О международной карте четвертичных отложений Европы // VIII Конгресс INQUA во Франции: Итоги и материалы. М.: Наука, 1973. С. 45–70.

Краснов И.И. Письма к В.В. Тихомирову в ГИН АН СССР: от 21 мая 1977. 1 с.; [1977]. 2 с. (Рукописи в группе истории геологии ГИН РАН).

Курек И.Н., Соболев А.О. Школа четвертичной геологии и геоморфологии // Геологические исследования Геолкома – ЦНИГРИ – ВСЕГЕИ: Путеводитель по экспозиции ЦНИГРмузея. Л.: ВСЕГЕИ, 1988. С. 46–47.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений / Составил С.А. Яковлев при участии Н.И. Апухтина, С.Г. Боча, Д.В. Вознесенского и др.: Ч. 1–2. М.: Госгеолтехиздат, 1954–1955: Ч. 1. Общая часть. 1954. 302 с.; Ч. 2. Описание методов. 1955. 486 с.

Москвитин А.И. Современные представления о стратиграфическом делении и длительности плейстоцена // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 23. 1959. С. 3–16.

Нейштадт М.И. Вклад советских ученых в организацию и работу INQUA // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 42. 1974. С. 28–42.

*Обручев В.*А. Открытка Лидии Ивановне Семихатовой в Москву, от 21 августа 1931 г. (рукопись, фотокопия в группе истории геологии ГИН РАН).

Программа расширенного заседания Учёного Совета ВСЕГЕИ, 2 декабря 1953 г.: [Выступления С.Г. Боча и М.М. Толстихиной]. Л.: Госгеолиздат, 1953. 4 с.

Протоколы заседаний Комиссии по изучению четвертичного периода при Академии Наук СССР // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 2. 1930. С. 1–3.; № 3. 1931. С. 5–9.

Соловьев С.П. Минералогическое общество после Великой Октябрьской социалистической революции // Всесоюзное минералогическое общество и его роль в развитии геологических наук. М.: Наука, 1967. С. 105–126.

Яковлев С.А. Деятельность Комиссии по изучению четвертичного периода за 1927 и 1928 гг. // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 1. 1929. С. 1–12.

Яковлев С.А. К вопросу о ледниковом периоде на Алтае // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. 1909. Т. 40. Вып. 1. Проток. № 1. С. 27–36.

Яковлев С.А. Карта отложений четвертичной системы Русской равнины и сопредельных с ней местностей // Бюллетень Информационного бюро Международной ассоциации по изучению четвертичного периода Европы. № 1. Л. 1931.

Яковлев С.А. Наносы и рельеф гор. Ленинграда и его окрестностей. Л.: Гублит, 1925–1926. В 2-х ч.: Ч. 1. 1925. 186 с. (Известия научно-мелиоративного института; № 8/9); Ч. 2. 1926. 264 с. (Известия научно-мелиоративного института; № 10, 11/12, 13)

Яковлев С.А. О карте четвертичных отложений Европейской части СССР и сопредельных территорий // Труды II международной конференции по изучению четвертичного периода Европы. Вып. 1. М.: Геолразведиздат, 1932a. С. 91–103.

Яковлев С.А. О числе оледенений на Русской равнине // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 14. 1949. С. 5–12.

Яковлев С.А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины: (Стратиграфия): с приложением карты четвертичных отложений Европейской части СССР в масштабе 1:5 000 000. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 314 с. (Труды ВСЕГЕИ; Т. 17).

Яковлев С.А. Почвы и грунты по линии Армавир-Туапсинской железной дороги. Петроград: Тип. В.Ф. Киршбаума, 1914. XII, 332 с.

Яковлев С.А. Следы послеледниковых и позднеледниковой трансгрессий к северу от Ленинграда // Ассоциация для изучения четвертичных отложений Европы: Путеводитель экскурсий Второй четвертично-геологической конференции. Л., М.: Геолразведиздат, 1932b. С. 3–16.

Яковлев С.А. Терминология подразделений четвертичной системы // Природа. 1950. № 10. С. 14–17.

Яковлев С.А. Учебник геологии. 1925–1948. 9 изд.: Л.: ГИЗ, 1925. 346 с.; 2-е изд. 1926. 324 с.; 3-е изд. 1927. 318 с.; 4-е изд. 1929. 320 с.; 5-е изд. 1931. 292 с.; 6-е изд. М; Л.: Учпедгиз, 1931. 292 с. ; 7-е изд., перераб. и доп. Л.; М.: Горгеонефтеиздат, 1933. 280 с.; 8-е изд., испр. и доп. Л.; М.: ОНТИ, 1938. 324 с.; Общая геология. 9-е изд., перераб. М., Л.: Госгеолиздат, 1948. 722 с.

Яковлев С.А. [Ред.] Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР и сопредельных территорий. Масштаб 1:2 500 000. Л.; М.: Гос. геол.-развед. изд-во, 1932. 6 л.

Яковлев С.А. [Ред.] Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР и сопредельных с нею территорий. Масштаб 1:2 500 000. М.; Л.: Госгеоллит., 1950.

Яковлев С.А. [Ред.] Четвертичная система: [автор глав: Изученность, Стратиграфические схемы, Обзор четвертичной системы по регионам: Русская равнина] // Геологическое строение СССР. Т. 1: Стратиграфия. М.: Госгеолтехиздат, 1958. С. 535–547.

Яковлева С.В. Сергей Александрович Яковлев // Выдающиеся учёные Геологического комитета – ВСЕГЕИ. Л.: Наука, 1984. С. 80–98.

Яковлев Сергей Александрович // Большая советская энциклопедия. 2-е изд. Т. 49. М.: БСЭ, 1957. С. 532.

Literature

Boitsova E.P., Wittenburg P.V., Ganeshin G. P., Gromov V.I. et al. Sergei Aleksandrovich Yakovlev: [Obituary] // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary. N 23. 1959. P. 97–101. (in Russian)

Egorov S.V., Zhamoyda A.I., Kurek I.N., et al. Quaternary geology, geomorphology, geotectonic // VSEGEI in the development of geological science and mineral resources of the country. 1882–1982. Leningrad: Nedra, 1982. P. 93–94. (Proceedings of VSEGEI. Vol. 314) (in Russian)

Gerbova V.G. First maps of Quaternary deposits of the USSR // History of geological cartography. Moscow: Nauka, 1982. P. 167–172. (Essays on the history of geological knowledge; Issue 21) (in Russian)

Ivanova I.K. Chronicle: Meetings of the Commission for Study of the Quaternary Period in 1947 // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary. N 14. 1949. P. 145–147. (in Russian)

Krasnov I.I. On the international map of the Quaternary deposits of Europe // VIII Congress INQUA in France: Results and materials. Moscow: Nauka, 1973. P. 45–70.

Krasnov I.I. Letters to V.V. Tikhomirov in the Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR, May 21, 1977. 1 p.; [1977]. 2 p. (Manuscripts in the GIN RAS).

Kurek I.N., Sobolev A.O. Scienific school of Quaternary Geology and Geomorphology // Geological Research of Geolkom-TsNIGRI-VSEGEI: Guide to the exposition of TsNIGR-museum. Leningrad: VSEGEI, 1988. P. 46–47. (in Russian)

Methodological guide for the study and geological survey of Quaternary sediments / Compiled by S.A. Yakovlev with N.I. Apukhtin, S.G. Botch, D.V. Voznesensky et al.: Parts 1–2. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1954–1955: Part 1. General part. 1954. 302 p. ; Part 2. Description of methods. 1955. 486 p. (in Russian)

Minutes of meetings of the Commission for Study of the Quaternary Period at the Academy of Sciences of the USSR // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary. N 2. 1930. P. 1–3 .; N 3. 1931. P. 5–9. (in Russian)

Moskvitin A.I. Modern concepts of stratigraphic division and duration of the Pleistocene // Bulletin of the Commission for Study of the Quaternary. N 23. 1959. P. 3–16. (in Russian)

Neishtadt M.I. The contribution of Soviet scientists to the organization and work of INQUA // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary. N 42. 1974. P. 28–42. (in Russian)

Obruchev V.A. Postcard of Lidia Ivanovna Semikhatova to Moscow, dated August 21, 1931 (manuscript, photocopy in Geological institute RAS) (in Russian)

Program of the extended meeting of the VSEGEI, December 2, 1953: [S.G. Boch, M.M. Tolstikhin]. Leningrad: Gosgeolizdat, 1953.4 p. (in Russian)

Soloviev S.P. Mineralogical Society after the Great October Socialist Revolution // All-Union Mineralogical Society and its role in the development of geological sciences. Moscow: Nauka, 1967. P. 105–126. (in Russian)

Velikotsky M.A. S.A. Yakovlev (1878–1957) – polyglacialist-maximalist // In the world of ideas: marine painters, cryolithologists and glacialists. Moscow: Geographic Faculty of Moscow State University, 2016. P. 206–224. (in Russian)

Yakovlev S.A. Activities of the Commission for Study of the Quaternary Period in 1927 and 1928 // Bulletin of the Commission for Study of the Quaternary. N 1. 1929. P. 1–12. (in Russian)

Yakovlev S.A. Deposits and relief of mountains. Leningrad and its environs. Leningrad: Gublit, 1925–1926. In 2 parts: Ch. 1.1925, 186 p. (Bulletin of the Scientific Melioration Institute; N 8/9); Ch. 2.1926.264 p. (Bulletin of the Scientific and Melioration Institute; N 10, 11/12, 13) (in Russian)

Yakovlev S.A. Basics of the Quaternary deposits geology of the Russian plain (Stratigraphy): with the application of a map of Quaternary deposits of the European part of the USSR on a scale of 1: 5,000,000. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1956. 314 p. (Proceedings of VSEGEI; Vol. 17).

Yakovlev S.A. Geology textbook. 1925–1948. 9 editions: Leningrad: GIZ, 1925. 346 p.; 2nd ed. 1926. 324 p.; 3rd ed. 1927. 318 p.; 4th ed. 1929. 320 p.; 5th ed. 1931. 292 p.; 6th ed. Moscow, Leningrad: Uchpedgiz, 1931. 292 p.; 7th ed., Leningrad, Moscow: Gorgeonefteizdat, 1933. 280 p.; 8th ed., Rev. and add. Leningrad, Moscow: ONTI, 1938.324 p.; General geology. 9th ed. Moscow, Leningrad: Gosgeolizdat, 1948. 722 p. (in Russian)

Yakovlev S.A. Map of the Quaternary deposits of the Russian Plain and adjacent territory // Bulletin of the Information Bureau of the International Association for Study of the Quaternary Period of Europe. N 1. Leningrad. 1931. (in Russian)

Yakovlev S.A. On the map of Quaternary deposits of the European part of the USSR and adjacent territories // Proceedings of the II International Conference on the Study of the Quaternary Period of Europe. Vol. 1. Moscow: Geolrazvedizdat, 1932a. P. 91–103. (in Russian)

Yakovlev S.A. On the number of glaciations on the Russian Plain // Bulletin of Commission for Study of the Quaternary. N 14. 1949. P. 5–12. (in Russian)

Yakovlev S.A. On the question of the ice age in Altai // Transactions of the St. Petersburg Society of Naturalists. 1909. Vol. 40. N 1. P. 27–36. (in Russian)

Yakovlev S.A. Soils and grounds along the Armavir-Tuapse railway. Petrograd: V.F. Kirshbaum, 1914. XII, 332 p. (in Russian)

Yakovlev S.A. The terminology of subdivisions of the Quaternary system // Nature. 1950. N 10. P. 14–17. (in Russian)

Yakovlev S.A. Traces of post-glacial and late-glacial transgressions north of Leningrad // Association for Study of Quaternary Deposits of Europe: A guide

to excursions to the Second Quaternary Geological Conference. Leningrad, Moscow: Geolrazvedizdat, 1932b. P. 3–16. (in Russian)

Yakovlev S.A. [Ed.] Map of deposits of the Quaternary deposits of the European part of the USSR and adjacent territory. 1:2,500,000. Leningrad; Moscow: State. geological exploration publishing house, 1932. 6 p. (in Russian)

Yakovlev S.A. [Ed.] Map of the Quaternary deposits of the European part of the USSR and adjacent territory. 1:2,500,000. Moscow; Leningrad: Gosgeollit, 1950. (in Russian)

Yakovlev S.A. [Ed.] Quaternary system: [author of chapters: Exploration, Stratigraphic schemes, Review of the Quaternary system by region: Russian Plain] // Geological structure of the USSR. Vol. 1: Stratigraphy. M .: Gosgeoltekhizdat, 1958. P. 535–547. (in Russian)

Yakovleva S.V. Sergey Aleksandrovich Yakovlev // Outstanding Scientists of the Geological Committee-VSEGEI. Leningrad: Nauka, 1984. P. 80–98. (in Russian)

Yakovlev Sergei Alexandrovich // Great Soviet Encyclopedia. 2nd ed. Vol. 49. Moscow: Great Soviet Encyclopedia, 1957. P. 532. (in Russian)

I.P. Vtorov

SERGEI YAKOVLEV (1878–1957) – THE FOUNDER OF THE SCIENTIFIC SCHOOL OF QUATERNARY MAPPING AND QUATERNARY STUDIES IN LENINGRAD

Professor Sergey Aleksandrovich Yakovlev is described in his scientific, pedagogical and organizational activities in the study of the Quaternary. He was the first scientific-secretary of the Commission for Study of the Quaternary (1927–1936). He was the head of the Quaternary Geology Department in All-Union Scientific Research Geological Institute (VSEGEI) in Leningrad. Secretary General of the Editorial Commission of the International Map of Quaternaries for Eastern Europe (1932). He later became vice-president of the Soviet section of INQUA (1941). Yakovlev made a great contribution to the compilation and editing of the first maps of Quaternary deposits of Europe and West Siberia. He was organizer of the Quaternary research in the USSR, author and editor of numerous scientific publications.

Keywords: Sergei Yakovlev, Scientific-secretary, Commission for Study of the Quaternary, Association for Study of the Quaternary in Europe, International Union for Quaternary Research (INQUA), Soviet section of INQUA, maps of the Quaternary deposits, history of science.

СОДЕРЖАНИЕ

Лаврушин Ю.А., Садчикова Т.А., Кураленко Н.П., Петрова В.В., Кулешов В.Н., Симакова А.Н., Лаврушин В.Ю., Антипов М.П. ОТЛОЖЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА В СТРОЕНИИ И ФОРМИРОВАНИИ ПОКРОВА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ.....5

Друщиц В.А. ОТРАЖЕНИЕ ГЛЯЦИАЛЬНЫХ, КРИОГЕННЫХ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСПРОСТРАНЕНИИ КРИОГЕННЫХ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ..... 63

Сычева С.А., Гуськова Е.Г., Иосифиди А.Г., Распопов О.М., Тимирева С.Н. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАЛЕОПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА (МИС 5)..... 82

Синицына Г.В., Спиридонова Е.А. ЭТАПЫ ЗАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНОГО БЕРЕГА ОЗЕРА ВОЛГО В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ..... 104

Второв И.П., Голубев Ю.К., Наугольных С.В. ВКЛАД ЮРИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ЛАВРУШИНА В ИЗУЧЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА: К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ..... 120

ИСТОРИЯ НАУКИ

Второв И.П. СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЯКОВЛЕВ (1878–1957) – СОЗДАТЕЛЬ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ШКОЛЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА.....125

CONTENTS

Lavrushin Yu.A., Sadchikova T.A., Kuralenko N.P., Petrova V.V., Kuleshov V.N., Simakova A.N., Lavrushin V.Yu., Antipov M.P. MUD VOLCANIC SPREADS IN THE STRUCTURE AND FORMATION OF QUATERNARY DEPOSITS IN THE SOUTHWESTERN PART OF THE NORTHERN CASPIAN SEA REGION..... 5

Drouchits V.A. IMAGE OF GLACIAL, CRYOGENIC AND GEODYNAMIC PROCESSES IN THE DISTRIBUTION OF PERMAFROST-ASSOCIATED NATURAL GAS HYDRATES ON THE CONTINENTAL MARGIN OF NORTHWESTERN NORTH AMERICA.....63

Sycheva S.A., Guskova E.G., Iosifidi A.G., Raspopov O.M., Timireva S.N. RESULTS OF PALEOMAGNETIC STUDIES OF PALEOSOLS AND SEDIMENTS OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND IN THE FIRST HALF OF THE LATE PLEISTOCENE (MIS 5)..... 82

Sinitsyna G.V., Spiridonova E.A. STAGES OF SETTLEMENT OF THE NORTHERN SHORE OF LAKE VOLGO IN THE LATE GLACIAL PERIOD..... 104

Vtorov I.P., Golubev Yu.K., Naugolnykh S.V. YURI LAVRUSHIN'S CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE QUATERNARY PERIOD: TO THE 90TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH..... 120

HISTORY OF SCIENCE

Vtorov I.P. SERGEI YAKOVLEV (1878–1957) – THE FOUNDER OF THE SCIENTIFIC SCHOOL OF QUATERNARY MAPPING AND QUATERNARY STUDIES IN LENINGRAD..... 125

Научное издание

БЮЛЛЕТЕНЬ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

№ 78

Бюллетень основан в 1929 г.

Дизайн и компьютерная верстка *Р.И. Недумов*

ООО «Издательство ГЕОС»
129315, Москва, 1-й Амбулаторный пр-д, 7/3-114.
Тел./факс: (495) 959-35-16, (499) 152-19-14, 8-926-222-30-91.
E-mail: geos-books@yandex.ru, www.geos-books.ru

Подписано к печати 20.11.2020.
Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 18,0. Тираж 100 экз.

Отпечатано в полном соответствии с представленным электронным оригинал-макетом в ОАО “Альянс “Югполиграфиздат”, ООО ИПК “Панорама”
400001, г. Волгоград, ул. КИМ, 6